

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

**CARRERA: INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO EN
BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS NATURALES**

TEMA:
**EVALUACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO
DEL AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DE LA CAFETERÍA DEL CAMPUS
EL GIRÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

AUTORAS:
GRANJA PAREDES MARÍA BELÉN
TAPIA PALLO SILVIA ALEXANDRA

DIRECTOR:
CHRISTIAN F. LARENAS URÍA

Quito, julio del 2013

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE GRADO**

Nosotras, María Belén Granja Paredes y Silvia Alexandra Tapia Pallo autorizamos a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además declaramos que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de las autoras.

Quito, julio 2013

Granja Paredes María Belén

CI. 1715962922

Tapia Pallo Silvia Alexandra

CI. 1718126079

DEDICATORIA

Dedicamos la presente tesis: A Dios por mostrarnos día a día que con humildad, trabajo, paciencia y sabiduría todo es posible.

A nuestros padres y hermanos quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de nuestra vida estudiantil y en el desarrollo de este trabajo de grado que ha implicado comprensión, y ayuda de su parte; y aquellos que siempre tuvieron una palabra de aliento en los momentos difíciles y que han sido incentivos de nuestras vidas.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos de manera especial a la MSc. María Belén Aldás quién con sus conocimientos y apoyo supo guiar el desarrollo de la presente tesis desde el inicio hasta su culminación.

Y a nuestro tutor Quím. Christian Larenas ya que con su valiosa ayuda este tema no hubiera podido concluir, además extendemos nuestros agradecimientos a nuestra Directora de Carrera MSc. Diana Calero ya que su ayuda fue importante.

“Ahora podemos decir que todo lo que somos es gracias a todos ustedes”

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
GENERALIDADES	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis.....	4
1.4.1. Hipótesis nula.....	4
1.4.2. Hipótesis alternativa.....	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1. El agua.....	5
2.1.1. Agua	5
2.1.2. Calidad de agua	7
2.1.3. Contaminación del agua.....	8
2.2. Aguas residuales.....	9
2.2.1. Agua residual	9
2.2.2. Características del agua residual	10
2.2.3. Clasificación del agua residual.....	17
2.2.4. Origen del agua residual.....	20
2.2.5. Caracterización del agua residual.....	21
2.2.6. Contaminantes del agua residual.....	22
2.3. Muestreo de agua residual	23
2.3.1. Tipo de Muestreo	24
2.3.2. Conservación de Muestra.....	26
2.4. Tratamiento de aguas residuales.....	26
2.4.1. Pretratamiento	27
2.4.2. Tratamiento primario	29
2.4.3. Tratamiento secundario.....	32
2.4.4. Tratamiento terciario	37

CAPÍTULO III	39
MATERIALES Y MÉTODOS	39
3.1. Descripción del sitio de estudio.....	39
3.2. Medición de caudal	40
3.3. Muestreo	41
3.4. Medición <i>in situ</i> de condiciones ambientales.....	42
3.5. Medición de potencial de hidrógeno (pH).....	43
3.6. Determinación demanda química de oxígeno (DQO).....	44
3.7. Determinación demanda biológica de oxígeno (DBO ₅).....	46
3.8. Determinación de aceites y grasas.....	46
3.9. Determinación de detergentes	48
3.10. Determinación de sólidos en suspensión	50
3.11. Determinación de sólidos sedimentables.....	52
3.12. Pretratamiento.....	53
3.12.1. Cribado.....	53
3.13. Tratamiento primario	54
3.13.1. Floculación.....	54
3.13.2. Sedimentación	58
3.14. Tratamiento Secundario.....	59
3.14.1. Oxidación biológica	59
CAPÍTULO IV	61
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1. Caudal.....	61
4.2. Datos <i>In situ</i>	62
4.3. Caracterización físico-química del agua residual.....	63
4.4. Tratamiento del agua residual	69
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES	77
LISTA DE REFERENCIAS	78
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Agentes contaminantes del agua	8
Tabla 2. Clasificación del agua residual	20
Tabla 3. Origen del agua residual	21
Tabla 4. Tipos de tratamientos para agua residual	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del agua	6
Figura 2. Contaminación del Agua	9
Figura 3. Aguas Residuales.....	10
Figura 4. Método Espectrofotométrico	12
Figura 5. Oxígeno disuelto consumido en función del tiempo	15
Figura 6. Desbastado	28
Figura 7. Sedimentador Primario	30
Figura 8. Prueba de Jarras	32
Figura 9. Lodos Activados	34
Figura 10. Biodiscos	35

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Lavadero de la cocina de la UPS.....	40
Imagen 2. Muestreo y toma de muestra	42
Imagen 3. Medición de pH.....	44
Imagen 4. Determinación demanda química de oxígeno (DQO).....	45
Imagen 5. Determinación de aceites y grasas	48
Imagen 6. Determinación de detergentes	50
Imagen 7. Determinación de Sólidos suspendidos.....	51
Imagen 8. Determinación de sólidos sedimentables	52
Imagen 9. Cribado	54
Imagen 10. Floculación.....	55
Imagen 11. Prueba de jarras-floculación.....	56
Imagen 12. Medición Turbidímetro	57
Imagen 13. Sedimentación	59
Imagen 14. Oxidación Biológica.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Muestreo aleatorio.....	41
Cuadro 2. Dimensiones de la trampa de grasa.....	61
Cuadro 3. Mediciones <i>In situ</i>	63
Cuadro 4. Caracterización gravimétrica de aceites y grasas.....	64
Cuadro 5. Caracterización de demanda química de oxígeno.....	64
Cuadro 6. Caracterización de pH.....	65
Cuadro 7. Caracterización de sólidos sedimentables.....	65
Cuadro 8. Caracterización de sólidos suspendidos.....	66
Cuadro 9. Caracterización de detergentes.....	66
Cuadro 10. Caracterización físico química del agua residual.....	67
Cuadro 11. Valores estadísticos.....	68
Cuadro 12. Límites máximos permisibles.....	69
Cuadro 13. Caracterización muestra cruda.....	70
Cuadro 14. Medidas de mallas.....	71
Cuadro 15. Concentración de floculante.....	72
Cuadro 16. pH óptimo.....	72
Cuadro 17. Revoluciones de mezcla.....	72
Cuadro 18. Análisis de control de la prueba.....	73
Cuadro 19. Sedimentación.....	74
Cuadro 20. Resultados de tratamiento propuesto.....	75
Cuadro 21. Comparación de los valores obtenidos de muestra tratada con los valores de límites permisibles.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Parámetros mínimos por actividad	81
Anexo 2. Hoja de datos del muestreo	82
Anexo 3. Resultados de DBO ₅	83
Anexo 4. Resultado de DBO ₅	83
Anexo 5. Resultado de DBO ₅	83
Anexo 6. Resultado de DBO ₅	84
Anexo 7. Resultado de DBO ₅	84
Anexo 8. Resultado de DBO ₅	85
Anexo 9. Resultado de DBO ₅	85
Anexo 10. Límites máximos permisibles.....	87
Anexo 11. Carta de autorización.....	88

RESUMEN

La importancia de la evaluación de la calidad del agua solo recientemente ha tenido la valoración que le corresponde. En el Ecuador, particularmente en el Distrito Metropolitano de Quito, es a través de ordenanzas relativamente nuevas que su estudio ha cobrado la relevancia esperada.

El desconocimiento del manejo de las aguas residuales ha provocado daños irreparables a ríos, lagos, entre otros, produciendo perjuicios a gran escala. Es necesario conocer y evaluar pautas para evitar la pérdida de un líquido tan esencial para la calidad de vida de los seres humanos.

La presente investigación trata sobre la evaluación y caracterización de las aguas residuales descargadas de forma directa al sistema de alcantarillado del DMQ, provenientes de la cafetería de la Universidad Politécnica Salesiana campus El Girón, con la finalidad de conocer sus parámetros físico químicos y establecer si estos cumplen con los valores permisibles indicados en la Ordenanza N°213 para descargas de efluentes en el Distrito Metropolitano de Quito. Así también nuestro estudio propone alternativas físicas, químicas y biológicas de fácil implementación para el tratamiento de las aguas residuales proveniente de la cafetería.

ABSTRACT

The importance of assessing water quality has only recently had the valuation it deserves. In Ecuador, particularly in the Metropolitan District of Quito, through ordinances is relatively new study has claimed that their expected relevance.

The lack of wastewater management has caused irreparable damage to rivers, lakes, etc., causing large-scale damage. It is necessary to understand and evaluate patterns to prevent loss of liquid as essential to the quality of life of humans.

This research deals with the evaluation and characterization of wastewater discharged directly to the sewer system of the DMQ, cafeteria from Universidad Politécnica Salesiana campus El Girón, in order to meet their physical and chemical parameters and whether these comply with the permissible values specified in Ordinance No. 213 for effluent discharges in the Metropolitan District of Quito. Thus our study also proposes alternatives physical, chemical and biological properties of easy implementation for the treatment of wastewater from the cafeteria.

INTRODUCCIÓN

El agua, como motor de desarrollo, ha constituido uno de los pilares fundamentales para el progreso del ser humano. La ordenación y gestión de los recursos hídricos ha sido desde siempre un objetivo prioritario para cualquier sociedad (Gómez, 2010).

El incremento de la oferta de agua como herramienta para el impulso económico, el mayor nivel de contaminación, irremisiblemente asociado a un mayor nivel de desarrollo, algunas características naturales y en definitiva una sobreexplotación de los recursos hídricos, han conducido a un deterioro importante de los mismos (Rittman, 2007).

El estudio de un tratamiento de aguas residuales se inicia por una caracterización físico química y microbiológica de las mismas y un análisis del inventario de vertidos y de su posible reducción; así como también del potencial reciclado de aguas después de su depuración. Una depuración suficiente puede significar la reutilización de diferentes volúmenes de agua y el correspondiente ahorro en el consumo (Sans, 2002).

Las aguas residuales traen problemas al ambiente y por ende a la salud debido a que contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, sólidos en suspensión, sólidos volátiles y otros que sin su debido tratamiento pueden agravar al ecosistema y a la vida en sí (Spiro, 2004).

La cafetería de la Universidad Politécnica Salesiana constituye el lugar de estudio para el presente investigación. Se decidió realizar una evaluación físico química y microbiológica de las aguas descargadas con el propósito de establecer las mejores condiciones para su tratamiento para así mitigar el impacto ambiental que actualmente está generando la descarga de estas aguas sin un previo tratamiento (Muñoz, 2005).

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Tema

Evaluación, caracterización y propuesta de tratamiento del agua residual proveniente de la cafetería del Campus El Girón de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.2. Justificación

La actual ordenanza 213 para el control ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, obliga a la Universidad Politécnica Salesiana a estar regulada y dar cumplimiento a la norma técnica para el control de descargas líquidas de sectores productivos, para de esta manera no exceder los límites máximos permisibles para aguas residuales establecidos en la norma ambiental (Municipio-DMQ, 2007).

En la actualidad las aguas residuales son consideradas como grandes agentes de contaminación ambiental y riesgos para la salud humana, las cuales requieren ser tratadas de forma menos costosa y agresiva para el ambiente, debido a que el interés por lo sustentable, considera al agua residual como una materia prima que se debe remediar (Davis, 2004).

Se escogió proponer el tratamiento para las aguas residuales provenientes de la cafetería del Campus El Girón, por el tipo de actividad que se desarrolla en aquel lugar, además del tipo de contaminantes que se generan con la eliminación de restos de alimentos y el lavado de los enseres, como pueden ser altos niveles de grasas, detergentes, sólidos, entre otros (Romero, 2004).

Además de permitirse la acumulación y estancamiento del agua residual en la Cafetería, la descomposición de la materia orgánica que está presente en el agua residual, puede conducir a la generación de malos olores y a la posible presencia

de microorganismos patógenos causantes de enfermedades para el personal y usuarios de la Cafetería (García, 2005).

El enfoque de este proyecto es la preservación del ambiente, como también la descontaminación a través de una adecuada propuesta de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la cafetería del campus El Girón de la Universidad Politécnica Salesiana, para que, al ser vertidas al cuerpo receptor, es decir, alcantarillado público, no generen grandes impactos en el ecosistema y de esta forma aportar una solución de saneamiento (Contreras, 2006).

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar, caracterizar y proponer alternativas de tratamiento para el agua residual proveniente de la cafetería del Campus El Girón de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la situación actual de las aguas residuales que está generando la cafetería del Campus El Girón en base a lo establecido en la Ordenanza 213 del DMQ.
- Caracterizar las aguas residuales que actualmente se descargan de la cafetería del Campus El Girón, tomando los parámetros indicados por la Ordenanza 213 del DMQ.
- Analizar alternativas de tratamientos físico – químicos y biológicos para las aguas residuales proveniente de la cafetería del Campus El Girón.

- Evaluar la calidad del agua residual posterior a la aplicación de los tratamientos, comparando con los límites permisibles señalados en la Ordenanza 213 del DMQ.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis nula

La caracterización físico-química no contribuye para proponer un adecuado tratamiento para el agua residual proveniente de la cafetería y el tratamiento propuesto no permite mejorar la calidad del agua residual.

1.4.2. Hipótesis alternativa

La caracterización físico-química contribuye para proponer un adecuado tratamiento para el agua residual proveniente de la cafetería y el tratamiento propuesto permite mejorar la calidad del agua residual.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. El agua

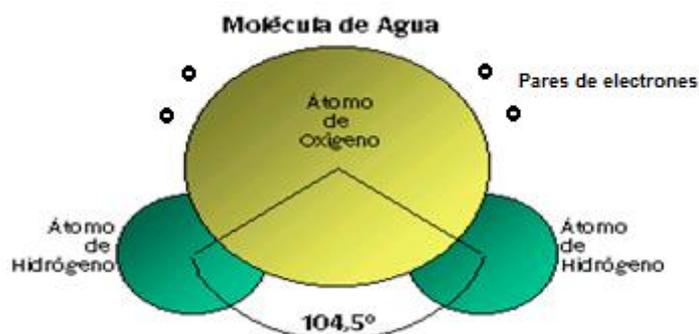
2.1.1. Agua

El agua por sus características físicas y químicas se presenta como un líquido incoloro, casi inodoro e insípido de fórmula H_2O , esencial para la vida animal y vegetal y el más utilizado de los disolventes. Con un punto de fusión $0\text{ }^{\circ}C$ ($32\text{ }^{\circ}F$), punto de ebullición $100\text{ }^{\circ}C$ ($212\text{ }^{\circ}F$). Alcanza su densidad máxima a una temperatura de $4\text{ }^{\circ}C$ y se expande al congelarse. Interviene en muchas reacciones químicas, bien como reactivo o como producto de la reacción, y resulta imprescindible para la estabilidad de muchas sustancias biológicas, por ejemplo, las proteínas (Baird, 2005).

Como muchas otras sustancias el agua puede existir en estado sólido, líquido o gaseoso. Sin embargo, sus especiales cualidades termodinámicas la hacen muy importante, por ejemplo como regulador de temperatura en los seres vivos y en toda la biósfera (Davis, 2004).

Stanley (2007) además señala que lo que hace tan especial al agua es su estructura molecular. El átomo de oxígeno en la molécula de agua tiene un octeto estable de electrones de valencia, estos 8 electrones están agrupados en 4 pares. Dos de estos pares se comparten con dos átomos de hidrógeno en la molécula de agua y los otros dos son pares no compartidos. Los pares se repelen entre sí, colocándose alrededor de una distribución esférica de la molécula del agua de forma que queden tan alejados como sea posible. De hecho, el ángulo formado por dos líneas, uniendo cada centro de un átomo de H al centro del átomo de O en la molécula de agua es de $104,5\text{ }^{\circ}C$, como se observa en la Fig 1.

Figura 1. Estructura del agua



Fuente: Stanley, 2007

Así la primera característica significativa de la molécula de agua es que tiene una estructura angular con los dos átomos de hidrógeno, no en los lados opuestos del átomo de oxígeno, sino localizados en un ángulo mayor a 90°. Una segunda característica de la molécula de agua es que es un dipolo en el que el lado de la molécula en que se encuentra el átomo de oxígeno, está relativamente cargado más negativo que el lado con los dos átomos de hidrógeno, confiriendo a la molécula su naturaleza polar. Además las moléculas de agua rodean cationes y aniones de compuestos iónicos disueltos en ella (Muñoz, 2005).

Sus moléculas se encuentran unidas por puentes de hidrógeno, lo que permite una tensión superficial muy elevada y gran capacidad humectante, es decir, que el agua se adhiera a los sólidos. Las moléculas de agua se disponen alrededor de los iones positivos con la parte negativa de su molécula hacia ellos y en el caso de los iones negativos les enfrentan la parte positiva.

Obviamente son solubles en agua las sustancias polares, por ejemplo los glúcidos, que son sustancias que tienen una elevada proporción de oxígeno. Por el contrario, aquellas sustancias orgánicas que presentan una elevada proporción de hidrógeno y pocos átomos de oxígeno son poco solubles en agua, por ejemplo los lípidos (Stanley, 2007).

2.1.2. Calidad de agua

Davis (2004) indica que todos los suministros naturales de agua se recargan con la precipitación. Aunque en general se considera pura, el agua de lluvia puede tener impurezas. Esas impurezas, sin embargo, se presentan en mucha menor concentración que la que tiene el agua cuando llega a la superficie terrestre. Las sustancias minerales y orgánicas, los microorganismos y demás formas de contaminación tienen muchas oportunidades de incorporarse al agua, lo que se advierte en forma de opacidad o turbidez. Además cuando el agua corre sobre la superficie puede recoger partículas sólidas de diferente naturaleza como materia orgánica y bacterias.

A medida que el agua superficial se filtra al descender por el terreno, y a través de los materiales inferiores hasta llegar a un cuerpo de agua la mayor parte de las partículas suspendidas se separan por filtración. Esta filtración natural puede tener una eficiencia parcial en la eliminación de bacterias y otros materiales divididos en partículas. Sin embargo, las características químicas del agua pueden cambiar y variar mucho al ponerse en contacto con depósitos de minerales. Cuando el agua superficial baja hasta el nivel freático disuelve alguno de los minerales contenidos en el suelo y las rocas. En consecuencia, el agua subterránea suele contener más minerales disueltos que el agua superficial (Stanley, 2007).

En la descripción de la calidad del agua se usan cuatro tipos de características:

Físicas

Las características físicas se relacionan con la calidad del agua para uso doméstico y se suelen relacionar con la apariencia del agua, su color o turbiedad, temperatura y en particular su sabor y olor.

Químicas

La caracterización química del agua para beber incluye la identificación de sus componentes y las concentraciones de éstos.

Microbiológicos

Los agentes microbiológicos son importantes factores en la evaluación de la calidad del agua potable y de riego.(Gordon, 2006).

2.1.3. Contaminación del agua

Se entiende por contaminación del agua a la acción o al efecto de introducir materiales o inducir condiciones sobre el agua que, de modo directo o indirecto, impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación a sus usos posteriores. Estas alteraciones están dadas por varios agentes contaminantes, los que se indican en la Tabla 1 (Spiro, 2004).

Tabla 1. Agentes contaminantes del agua

Primera Clase	Virus, protozoos, gusanos parásitos.
Segunda Clase	Bacterias
Tercera Clase	Ácidos, sales, metales tóxicos.
Cuarta Clase	Sedimentos suspendidos
Quinta Clase	Compuestos radioactivos

Fuente: Spiro, 2004

Stanley (2007) menciona que lo largo de la historia, la calidad del agua potable ha sido un factor determinante del bienestar humano. Las enfermedades propagadas por aguas contaminadas con materia fecal diezmaron a la población de ciudades enteras. Incluso actualmente, el agua insalubre contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando grandes problemas a las personas que se ven obligadas a usarlas, tanto para beber como para la irrigación de cultivos.

Figura 2. Contaminación del Agua



Fuente: Stanley, 2007

Generalmente, la mayor preocupación sobre la seguridad del agua es ahora la presencia potencial de contaminantes químicos, estos pueden incluir productos químicos orgánicos e inorgánicos y metales pesados descritos así en la Fig 2, procedentes de fuentes industriales, agrícolas y de la escorrentía urbana.

2.2. Aguas residuales

2.2.1. Agua residual

Las aguas residuales están constituidas por las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado. En general, se consideran *aguas residuales domésticas*, a los líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Se denominan *aguas residuales municipales* los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y se llaman *aguas residuales industriales* las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura (Milan, 2003).

También se acostumbra denominar *aguas negras* a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orinas, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y *aguas grises* a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO₅, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo la de los inodoros. Así se observa en la Fig 3 (Romero, 2004).

Figura 3. Aguas Residuales



Fuente: Romero, 2004

2.2.2. Características del agua residual

a. Características físicas

Olores

Los olores son debidos a los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

La problemática de los olores está considerada como la principal causa de rechazo a la implantación de instalaciones de tratamiento de aguas residuales.

Efectos de los olores: a bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la

tensión psicológica que generan, que por el daño que puedan producir al organismo (Manahan, 2007).

Temperatura

La temperatura del agua residual es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y la cinética de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos. El aumento en las velocidades de las reacciones químicas producto del incremento de la temperatura, combinado con la reducción del oxígeno presente en las aguas superficiales, es causa frecuente de agotamiento de las concentraciones de oxígeno disuelto. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C (Tebbutt, 2003).

Densidad

La densidad de un agua residual se define como su masa por unidad de volumen, expresada en kg/m^3 . Es una característica física importante del agua residual, dado que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad de fangos de sedimentación y otras instalaciones de tratamiento. La densidad de las aguas residuales domésticas que no contengan grandes cantidades de residuos industriales es prácticamente la misma que la del agua limpia a la misma temperatura (Rodríguez, 2005).

Color

Este término se refiere a la edad del agua residual, que puede ser determinada cualitativamente en función de su color y su olor. El agua residual reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro. Las aguas superficiales pueden estar coloreadas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes

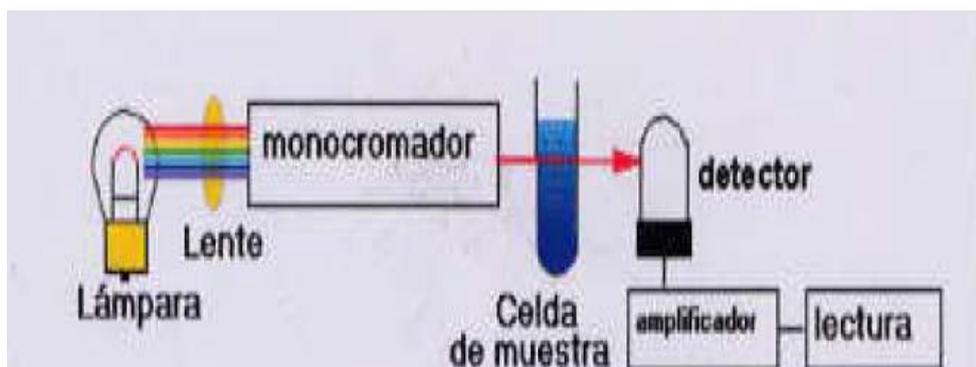
domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil; esta última causa coloración por medio de los desechos de teñido los cuales imparten colores en una amplia variedad y son fácilmente reconocidos y rastreados (Seoánez, 2000).

Se pueden efectuar dos medidas de color en el agua: real y aparente. El color real del agua natural es el que presenta cuando se ha eliminado la turbidez (filtrando o centrifugando), siendo principalmente causado por materiales húmicos coloidales. Por el contrario, el color aparente es determinado directamente de la muestra original (sin filtración ni centrifugación), es debido a la existencia de sólidos en suspensión (Rodríguez, 2005).

Para la determinación de color en el agua existen dos métodos:

Método espectrofotométrico: Báez (2008) indica que el método espectrofotométrico se usa principalmente en aguas industriales contaminadas que tienen colores poco usuales, y que no pueden ser igualados por el método colorimétrico. Como se observa en la Fig 4, el color se determina mediante un espectrofotómetro, cuyo esquema de funcionamiento se recoge en la figura 4 a tres longitudes de onda distribuidas por el conjunto del espectro visible: $\lambda_1 = 436 \text{ nm}$; $\lambda_2 = 525 \text{ nm}$ y $\lambda_3 = 620 \text{ nm}$.

Figura 4. Método Espectrofotométrico



Fuente: Báez, 2008

El método del platino-cobalto: Por comparación visual de la muestra con soluciones coloreadas de concentraciones conocidas o discos de cristal de color calibrados previamente con soluciones preparadas. La unidad para medición del color que se usa como estándar, es el color que produce 1 mg/L de platino en la forma de cloroplatinato. La relación de cobalto a platino, se puede variar para igualar el matiz. La proporción Pt-Co que se utiliza en este método es normalmente la adecuada para la mayoría de las muestras. El color puede cambiar con el pH de la muestra, por lo que es necesario, que al medir el color, se reporte también el pH de la muestra. En caso necesario centrifugar la muestra para eliminar la turbidez. La comparación se realiza con las soluciones que tengan colores de 5, 10, y hasta 70 unidades contenidas en tubos Nessler (Tebbutt, 2003).

Turbidez

Como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, la turbidez es otro parámetro que se emplea para determinar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. El método más empleado para determinar la turbidez del agua es la nefelometría. Se basa en que al incidir en una muestra de agua un rayo luminoso, las partículas en suspensión dispersan parte de la luz que penetra en la muestra. Esa luz dispersada a 90° medida sobre una célula fotoeléctrica provoca una corriente eléctrica en función de su intensidad, y por lo tanto, del grado de turbidez de la muestra medida en NTU o en unidades de Jackson (Báez, 2008).

b. Características químicas

Materia Orgánica

La materia orgánica son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están conformados normalmente por combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, con la presencia, en determinados casos de nitrógeno. Pueden además estar presentes otros elementos como el azufre, fósforo o hierro. Además las

proteínas son los principales compuestos del organismo animal, mientras que su presencia es menos relevante en el caso de organismos vegetales. Todas las proteínas contienen carbono, común a todas las sustancias orgánicas, oxígeno nitrógeno e hidrógeno. Además algunos hidratos de carbono son solubles en el agua, principalmente los azúcares, mientras que otros, como los almidones, son insolubles (Seoánez, 2000).

Nitrógeno y Fósforo

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento de protistas y plantas, razón por la cual reciben el nombre de nutrientes o bioestimuladores. No obstante, el nitrógeno y el fósforo son, en la mayoría de los casos, los principales elementos nutritivos. 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 qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales, mediante procesos biológicos. El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos (Muñoz, 2005).

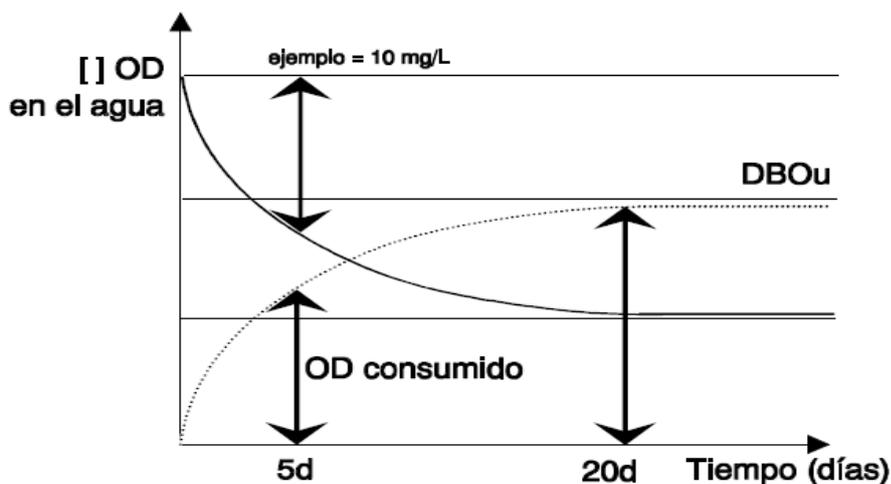
c. Características biológicas

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)

La prueba de la DBO mide el oxígeno consumido por las bacterias mientras oxidan la materia orgánica. Una muestra de agua residual se diluye convenientemente con agua de dilución (agua destilada con una población mixta apropiada de microorganismos, y con una concentración a saturación de oxígeno disuelto). Se mide en la muestra diluida la concentración inicial de oxígeno disuelto, se incuba a una temperatura determinada (20 °C) y, después de un tiempo prefijado, se mide nuevamente la concentración de oxígeno disuelto. La disminución en la concentración de oxígeno disuelto será debido al consumo, durante el tiempo de incubación, por los microorganismos para metabolizar la materia orgánica de ese volumen de muestra diluida. De este resultado se calcula la cantidad de oxígeno requerido para el tratamiento similar de un volumen normal no diluido, por ejemplo un litro (Metcalf, 2003).

La oxidación biológica es relativamente lenta y normalmente no se completa en 5 días de incubación. Los compuestos orgánicos simples, como la glucosa, se oxidan casi completamente en 5 días, pero en un agua residual doméstica solo se llega a oxidar un 65 % de la materia orgánica. Los compuestos orgánicos complejos pueden oxidarse únicamente en un 40 % en el mismo período. Cuando la descomposición de la materia orgánica de una muestra es tan completa como se puede obtener aeróbicamente, el oxígeno disuelto así consumido es la DBO₅ total. Si no se indica nada, se suele aceptar que es DBO₅. Normalmente, se supone que el DBO₅ tiene una reacción de primer orden. La velocidad de oxidación es proporcional a la concentración presente de materia orgánica oxidable. Una vez formada una población adecuada de microorganismos, la velocidad de reacción está controlada por la cantidad de alimento disponible, así se indica en la Fig 5 (Báez, 2008).

Figura 5. Oxígeno disuelto consumido en función del tiempo



Fuente: Báez, 2008

Demanda química de oxígeno (DQO)

El DQO es la cantidad de oxígeno disuelto consumido por una cantidad de agua residual durante la oxidación “por vía química” provocada por un agente químico fuertemente oxidante. Su determinación es más rápida que la DBO₅, precisando su ensayo una o dos horas si la oxidación se efectúa en frío o, bien 30 minutos si la oxidación se efectúa con dicromato en caliente. Debido a los

problemas para determinar el DBO₅ por su relación con la temperatura y el tiempo, se hace necesario adoptar otros métodos que si bien no reflejan la realidad del hecho en la naturaleza, permiten usarse, por su rapidez de determinación, para el control de vertidos y de los procesos de depuración. La DQO expresa la cantidad de oxígeno equivalente necesario para oxidar las sustancias presentes en las aguas residuales, mediante un agente químico fuertemente oxidante, como el permanganato potásico (KMnO₄), utilizado en aguas limpias y el dicromato potásico (K₂Cr₂O₇), utilizado en aguas residuales, ya que el uso de permanganato potásico en aguas residuales produce unos errores por defecto muy importantes. Por lo tanto, la DQO, medirá tanto la materia orgánica biodegradable por los microorganismos, como la materia orgánica no biodegradable y la materia inorgánica, oxidable por ese agente químico (Prieto, 2004).

Oxígeno disuelto (OD)

La cantidad de oxígeno puede disminuir por la respiración de los microorganismos, algas y organismos macroscópicos, elevación de temperatura, reacciones químicas. Es necesario para la vida de los peces y otros organismos acuáticos. El oxígeno es moderadamente soluble en agua, dependiendo la solubilidad de la temperatura, la salinidad, la turbulencia del agua y la presión atmosférica: disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, y cuando disminuye la presión atmosférica (Rodríguez, 2005).

Microorganismos patógenos

Todas las formas de microorganismos patógenos se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas e incluyen: bacterias, virus, protozoarios y helmintos. Algunos de estos microorganismos son descargados al ambiente por portadores.

Bacterias

Según Baird (2003) las bacterias son microorganismos unicelulares, comúnmente sin color y constituyen la menor forma de vida capaz de sintetizar el protoplasma a partir de su ambiente. Pueden tener forma cilíndrica o de bastón (*bacilos*), oval o esférica (*cocos*) o espirales (*espirilos*).

Los desórdenes intestinales son síntomas comunes de la mayoría de las enfermedades transmitidas por las bacterias patógenas transportadas por el agua.

Virus

Son las estructuras biológicas inferiores de las cuales se conoce que contienen toda la información genética necesaria para su propia reproducción. Son tan pequeños que sólo pueden ser observados con la ayuda de un microscopio electrónico. Los virus son parásitos obligados que requieren un huésped en donde alojarse. Los síntomas asociados con infecciones causadas por virus transportados por el agua comúnmente involucran desórdenes del sistema nervioso, más que del tracto intestinal (Orozco, 2005).

2.2.3. Clasificación del agua residual

Romero (2004) menciona que el agua residual es aquella que procede de haber utilizado un agua natural, o de la red, en un uso determinado.

Las aguas residuales cuando se descargan se denominan vertidos y éstos pueden clasificarse en función:

- Del uso prioritario u origen
- De su contenido en determinados contaminantes

Los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser:

Según su naturaleza:

- Conservativos: Su concentración en el río depende exactamente de la ley de la dilución del caudal del vertido al del río.
- No conservativos: Su concentración en el río no está ligada directamente a la del vertido. Son todos los compuestos orgánicos e inorgánicos que pueden alterarse en el río por vía física, química o biológica (NH₄, fenoles, materia orgánica)

Según su origen:

a) Aguas residuales domésticas:

Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.). Consisten básicamente en residuos humanos que llegan a las redes de alcantarillado por medio de descargas de instalaciones hidráulicas de la edificación también en residuos originados en establecimientos comerciales, públicos y similares, el agua residual está conformada de componentes físicos, químicos y biológicos. Es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, suspendidos o disueltos en el agua. La mayor parte de la materia orgánica consiste en residuos alimenticios, heces, material vegetal, sales minerales, materiales orgánicos y materiales diversos como jabones y detergentes sintéticos. Las proteínas son el principal componente del organismo animal, pero también están presentes en los vegetales. El gas sulfuro de hidrógeno presente en las aguas residuales proviene del azufre de las proteínas (Morales, 2004).

Los carbohidratos son las primeras sustancias degradadas por las bacterias, con producción de ácidos orgánicos por esta razón, las aguas residuales estancadas presentan una mayor acidez. Entre los principales ejemplos se pueden citar los azúcares, el almidón, la celulosa y la lignina de la madera. Los lípidos es decir aceites y grasas incluyen gran número de sustancias que tienen, generalmente, como principal característica común la insolubilidad en agua, pero son solubles en ciertos solventes como cloroformo, alcoholes y benceno. Están siempre presentes en las aguas residuales domésticas, debido al uso de manteca, grasas y aceites vegetales en cocinas (Aguilar, 2002).

Pueden estar presentes también bajo la forma de aceites minerales derivados de petróleo, debido a contribuciones no permitidas, de estaciones de servicio por ejemplo, y son altamente indeseables, porque se adhieren a las tuberías, provocando su obstrucción. Las grasas no son deseables, ya que provocan mal olor, forman espuma, inhiben la vida de los microorganismos, provocan problemas de mantenimiento, etc. La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. El agua residual también contiene pequeñas concentraciones de

gases disueltos. Entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además, del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como dióxido de Carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del azufre. Estos gases, aunque en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual (Osorio, 2010).

b) Aguas residuales industriales:

Son las que proceden de cualquier taller o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua, incluyéndose los líquidos residuales, aguas de proceso y aguas de refrigeración.

Líquidos residuales: Los que se derivan de la fabricación de productos, siendo principalmente disoluciones de productos químicos tales como los baños de curtido de pieles, las melazas de la producción de azúcar.

Aguas residuales de procesos: Se originan en la utilización del agua como medio de transporte, lavado, refrigeración directa; y que puede contaminarse con los productos de fabricación o incluso de los líquidos residuales.

Aguas de refrigeración indirecta: Son las que no han entrado en contacto con los productos y por tanto la única contaminación que arrastran es su temperatura (Raymond, 2002).

c) Aguas residuales pluviales:

Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo. Los vertidos residuales arrastran compuestos con los que las aguas han estado en contacto. Estos compuestos pueden ser clasificados según varios criterios como se muestra en la Tabla 2 (Osorio, 2010).

Tabla 2. Clasificación del agua residual

Según su naturaleza	a. Conservativos: Generalmente son compuestos Inorgánicos y estables (Cl , SO ₄) b. No conservativos: (NH ₄ , fenoles, materia orgánica)
Desde el punto de vista físico	a. Sólidos disueltos b. Sólidos en suspensión c. Sólidos coloidales
Desde el punto de vista químico	a. Compuestos orgánicos b. Compuestos inorgánicos
Desde el punto de vista microbiológico	a. Virus b. Bacterias c. Protozoos

Fuente: Osorio, 2010

2.2.4. Origen del agua residual

Rittman (2007) menciona que el origen de las aguas residuales resulta de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua. Así como se indica en la Tabla 3, las aguas residuales pueden ser clasificadas de acuerdo a su origen.

Tabla 3. Origen del agua residual

Domésticas	Son aquellas utilizadas con fines higiénicos (baños, cocinas, lavanderías, etc.).
Industriales	Son líquidos generados en los procesos industriales.
Infiltración y caudal adicionales	Las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado.
Pluviales	Son agua de lluvia, que descargan grandes cantidades de agua sobre el suelo. Parte de esta agua es drenada y otra escurre por la superficie, arrastrando arena, tierra, hojas y otros residuos que pueden estar sobre el suelo.

Fuente: Rittman, 2007

2.2.5. Caracterización del agua residual

Báez (2008) menciona que la caracterización del agua residual se hace con el fin de conocer si el agua es o no peligrosa para la salud, se debe determinar sus características, que se obtienen mediante análisis de laboratorio físico-químico, microbiológico, de compuestos orgánicos y metales.

Análisis Físicos

Estos análisis dan a conocer el olor, el sabor, la apariencia y aceptabilidad del agua de una manera general.

Análisis Químicos

Los análisis químicos constituyen uno de los principales requisitos para caracterizar el agua. Los problemas relacionados con las sustancias químicas

presentes en el agua de bebida se deben sobre todo a que ellas pueden afectar la salud después de una exposición prolongada. Entre los contaminantes químicos, los que generan especial inquietud son los que tienen propiedades tóxicas acumulativas, como los metales pesados y las sustancias carcinógenas. Por otro lado, el empleo de desinfectantes químicos para tratar el agua produce, por lo general, la formación de productos químicos secundarios, algunos de los cuales son potencialmente peligrosos. Entre las sustancias químicas de importancia para la salud que pueden afectar el agua potable, destacan el cadmio, el cianuro, el cobre, el mercurio y el plomo (Seoáñez, 2000).

Análisis Bacteriológicos

La determinación de la calidad bacteriológica reviste gran importancia en el ámbito de la salud pública ya que permite garantizar la inocuidad del agua evitando así epidemias gastrointestinales.

El agua destinada al consumo humano puede ser contaminada por agua residual o por desechos humanos y animales que contengan microorganismos patógenos (principalmente intestinales) como son los causantes de la tifoidea (*Salmonella typhi*), la disentería (*Shigella dysenteriae*), el cólera (*Vibrio cholerae*) entre otros (Scragg, 1999).

2.2.6. Contaminantes del agua residual

Lyonnaise (1999) las aguas residuales, por lo regular, tienen composiciones altamente complejas y normalmente se necesita modificar su composición para ajustarlas a un uso en particular. En consecuencia, se requiere una variedad de procesos de tratamiento para separar los diversos contaminantes que con seguridad se encontrarán.

Los contaminantes pueden estar presentes como:

- *Sólidos suspendidos flotantes o grandes*: arenas, trapos y papel.
- *Sólidos suspendidos pequeños y coloidales*: moléculas orgánicas grandes, partículas de suelo y microorganismos.
- *Sólidos disueltos*: compuestos orgánicos y sales inorgánicas.

- *Gases disueltos*: sulfuro de hidrógeno.
- *Líquidos no mezclables*: grasas y aceites.

El tamaño de cada partícula determina el cambio de un grupo a otro; este cambio depende de sus características físicas tales como el peso específico del material y la división entre grupos es de cualquier manera indistinta (Manahan, 2007).

2.3. Muestreo de agua residual

La recolección de las muestras depende de los procedimientos analíticos empleados y los objetivos del estudio.

El objetivo del muestreo es obtener una parte representativa del material bajo estudio (cuerpo de agua, efluente industrial, agua residual, etc.) para la cual se analizaran las variables fisicoquímicas de interés. El volumen del material captado se transporta hasta el lugar de almacenamiento (cuarto frío, refrigerador, nevera, etc.), para luego ser transferido al laboratorio para el respectivo análisis, momento en el cual la muestra debe conservar las características del material original. Para lograr el objetivo se requiere que la muestra conserve las concentraciones relativas de todos los componentes presentes en el material original y que no hayan ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis.

En algunos casos, el objetivo del muestreo es demostrar que se cumplen las normas especificadas por la legislación (resoluciones de las autoridades ambientales). Las muestras ingresan al laboratorio para determinaciones específicas, sin embargo, la responsabilidad de las condiciones y validez de las mismas debe ser asumida por las personas responsables del muestreo, de la conservación y el transporte de las muestras. Las técnicas de recolección y preservación de las muestras tienen una gran importancia, debido a la necesidad de verificar la precisión, exactitud y representatividad de los datos que resulten de los análisis (APHA, AWWA, & WPCF, 1992).

2.3.1. Tipo de Muestreo

Generalmente las muestras de agua pueden ser de dos tipos:

Puntuales

Son aquellas que se toman aisladamente en un momento instantáneo en el tiempo, y analizadas por separado. Son esencialmente una guía del aspecto y composición del universo que se está evaluando en el instante de la extracción. La representatividad de una muestra puntual es de valor limitado. Las muestras puntuales analizadas in situ son esenciales para las determinaciones de oxígeno disuelto, temperatura, demanda de cloro y cloro residual (Marín, 2005).

Una muestra representa la composición del cuerpo de agua original para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó su captación. Cuando la composición de una fuente es relativamente constante a través de un tiempo prolongado o a lo largo de distancias sustanciales en todas las direcciones, puede decirse que la muestra representa un intervalo de tiempo o un volumen más extensos. En tales circunstancias, un cuerpo de agua puede estar adecuadamente representado por muestras simples, como en el caso de algunas aguas de suministro, aguas superficiales, pocas veces, efluentes residuales.

Cuando se sabe que un cuerpo de agua varía con el tiempo, las muestras simples tomadas a intervalos de tiempo precisados, y analizadas por separado, deben registrar la extensión, frecuencia y duración de las variaciones. Es necesario escoger los intervalos de muestreo de acuerdo con la frecuencia esperada de los cambios, que puede variar desde tiempos tan cortos como 5 minutos hasta 1 hora o más. Las variaciones estacionales en sistemas naturales pueden necesitar muestreos de varios meses. Cuando la composición de las fuentes varía en el espacio más que en el tiempo, se requiere tomar las muestras en los sitios apropiados (APHA, AWWA, & WPCF, 1992).

Compuestas

En la mayoría de los casos, el término "muestra compuesta" se refiere a una combinación de muestras sencillas o puntuales tomadas en el mismo sitio durante diferentes tiempos. Algunas veces el término "compuesta en tiempo" se usa para distinguir este tipo de muestras de otras. La mayor parte de las muestras compuestas en el tiempo se emplean para observar concentraciones promedio, usadas para calcular las respectivas cargas o la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales. El uso de muestras compuestas representa un ahorro sustancial en costo y esfuerzo del laboratorio comparativamente con el análisis por separado de un gran número de muestras y su consecuente cálculo de promedios.

Para estos propósitos, se considera estándar para la mayoría de determinaciones una muestra compuesta que representa un período de 24 h. Sin embargo, bajo otras circunstancias puede ser preferible una muestra compuesta que represente un cambio, o un menor lapso de tiempo, o un ciclo completo de una operación periódica. Para evaluar los efectos de descargas y operaciones variables o irregulares, tomar muestras compuestas que representen el periodo durante el cual ocurren tales descargas.

Tomar porciones individuales del cuerpo de agua en estudio en botellas de boca ancha cada hora (en algunos casos cada media hora o incluso cada 5 min.) y mezclarlas al final del período de muestreo, o combinarlas en una sola botella al momento de tomarlas. Si las muestras van a ser preservadas, agregar previamente las respectivas sustancias a la botella, de tal manera que todas las porciones de la composición sean preservadas tan pronto como se recolectan. Algunas veces es necesario el análisis de muestras individuales.

Es deseable, y a menudo esencial, combinar las muestras individuales en volúmenes proporcionales al caudal. Para el análisis de aguas residuales y efluentes, por lo general es suficiente un volumen final de muestra de 2 a 3 L. Para este propósito existen muestreadores automáticos, que no deben ser empleados a menos que la muestra sea preservada; limpiar tales equipos y las botellas diariamente, para eliminar el crecimiento biológico y cualquier otro depósito (APHA, AWWA, & WPCF, 1992).

2.3.2. Conservación de Muestra

Morales (2009) menciona que la conservación de una muestra de agua dependerá del parámetro o analizar que nos marcará el tipo de envase, el agente preservante y el tiempo máximo de almacenamiento. Con carácter general, el análisis debe ser lo más rápido posible con relación a la toma de muestras, lo que puede garantizar una mínima alteración de la muestra de agua desde su origen hasta el laboratorio de análisis. Esto es particularmente válido para análisis microbiológico o biológico y aguas negras.

La degradación de una muestra de aguas residuales, que suele contener cantidades altas de materias orgánicas y microorganismos será mucho más rápida y extensa que la de una muestra de aguas blancas. Para una serie de parámetros se recomienda el análisis in situ como forma de conseguir resultado analítico representativo. Este es el caso de temperatura, pH, oxígeno disuelto y gases en general, transparencia y conductividad (Muñoz, 2005).

2.4. Tratamiento de aguas residuales

El término tratamiento de aguas es el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. (Gómez, 2010).

La finalidad de estas operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final. Un sistema de tratamiento está compuesto por una combinación de operaciones y procesos unitarios diseñados para reducir ciertos constituyentes del agua residual a un nivel aceptable. Se pueden hacer variadas combinaciones de operaciones y procesos unitarios. La depuración de las aguas residuales, requiere una serie de operaciones que incluyen procedimientos físicos, químicos, biológicos y

desde hace algunos años los fisicoquímicos, tales como se muestran en la Tabla 4 (Spiro, 2004).

Tabla 4. Tipos de tratamientos para agua residual

Tratamientos físicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Decantación 2. Filtración
Tratamientos biológicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lodos activados 2. Lechos bacterianos 3. Laguna de lodos 4. Tratamiento anaeróbico del agua 5. Fosas sépticas
Tratamientos físico-químicos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Floculación 2. Flotación 3. Electroflotación

Fuente: Spiro, 2004

2.4.1. Pretratamiento

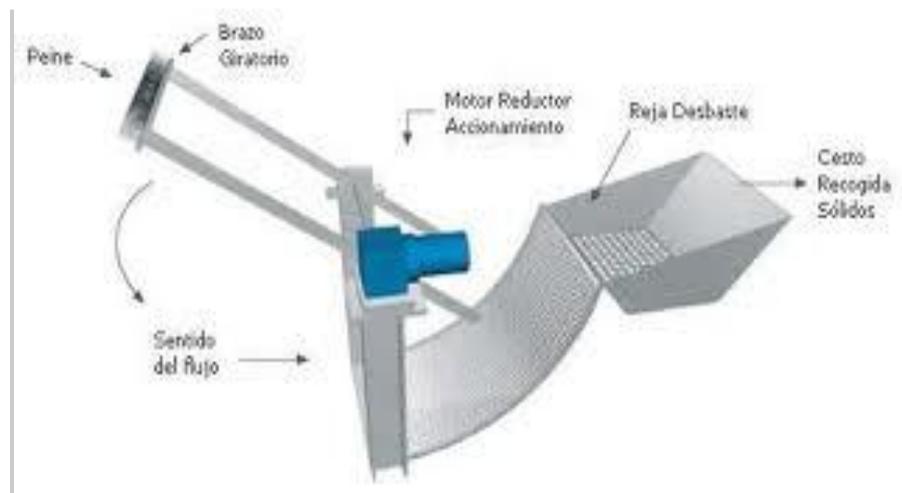
Raymond (2002) menciona que la eliminación de los objetos de gran tamaño que son arrastrados junto con las aguas, como maderas, plásticos, arena. Sirve fundamentalmente para proteger a los equipos de las siguientes fases y su sedimentación en los conductos.

Desbastado

Corbitt (2005) menciona que el desbastado es la eliminación de sólidos gruesos (maderas, trapos, plástico) mediante retención y posterior extracción. Se realizan mediante rejas o tamices. Su suelen instalar en el canal de entrada a la planta, formados por barras paralelas separadas entre sí por un espacio menor que el diámetro o tamaño de las partículas a separar, y en general formando un ángulo de 30 a 80° con respecto a la superficie como se observa en la Fig 6, la limpieza de la reja puede llevarse a cabo de manera manual o de forma automática, depositándose los objetos en un cesto perforado que va

goteando el agua sobre el canal de entrada. La separación de las rejjas suele ser de 5-10 cm para las rejjas manuales y de 1-5 cm para las automáticas. En cuanto a los tamices, la separación suele ser de 10-1500 micrómetros.

Figura 6. Desbastado



Fuente: Corbitt, 2005

Homogeneización

La caracterización del efluente puede variar durante el día, haciendo necesarios diversos ajustes de los parámetros de funcionamiento de la planta de tratamiento.

Hay dos tipos:

Homogeneización en línea: el tanque de homogeneización está localizado en la misma dirección del flujo de las aguas, pasando por él la totalidad el caudal.

Homogeneización en derivación o paralelo: el tanque está separado del flujo de corriente principal, desviando a éste las aguas que excedan del caudal medio diario (Alasino, 2007).

Cribado

Las aguas residuales llegarán por gravedad, conducidas por el emisor, hasta el lugar donde será construida la planta de tratamiento de aguas residuales. Los

materiales sólidos, tales como cáscaras de fruta, harapos, palos, trozos de papel y madera que frecuente e inexplicablemente encuentran su destino en el sistema de alcantarillado, se separan pasando las aguas a través de rejillas o mallas hechas de acero. Es fundamental conocer el tamaño de los materiales sólidos para determinar la abertura entre las rejillas o el orificio de la malla, en base al menor tamaño de los materiales sólidos. El propósito fundamental de los dispositivos de cribado es retener la mayor cantidad de materiales sólidos de gran tamaño para proteger a las bombas y otros equipos electromecánicos y prevenir el atascamiento de válvulas. Por este motivo la primera operación que se lleva a cabo en el influente de agua residual es el cribado (Morales, 2004).

2.4.2. Tratamiento primario

Separación por medios físicos y a veces complementados con químicos, de los sólidos en suspensión no retenidos en el tratamiento previo, así como de las sustancias flotantes y aceites. Son, entre otras, la sedimentación, la floculación y la flotación.

Sedimentación. Tanques de decantación

Según Orozco (2005) este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO_5 en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Consiste en la utilización de las fuerzas de gravedad para separar una partícula de densidad superior a la del líquido hasta una superficie o zona de almacenamiento. Es necesario que la fuerza de gravedad tenga un valor suficientemente elevado en relación a los efectos antagonistas: efecto de turbulencias, rozamiento, repulsión electrostática, corrientes de convección.

Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. El propósito fundamental es obtener un efluente clarificado, pero también es necesario producir un fango con una concentración de sólidos que pueda ser tratado con facilidad, para lo cual es necesario un tiempo óptimo de una hora en la que los sólidos sedimentables por fuerzas de

gravedad atrapen a estos en la superficie del equipo de tratamiento de aguas residuales. En algunos casos, la sedimentación es el único paso en el tratamiento que se somete el agua residual (Metcalf, 2003).

En una planta típica la sedimentación se efectúa en tres pasos:

Desarenadores: en donde la materia orgánica se elimina.

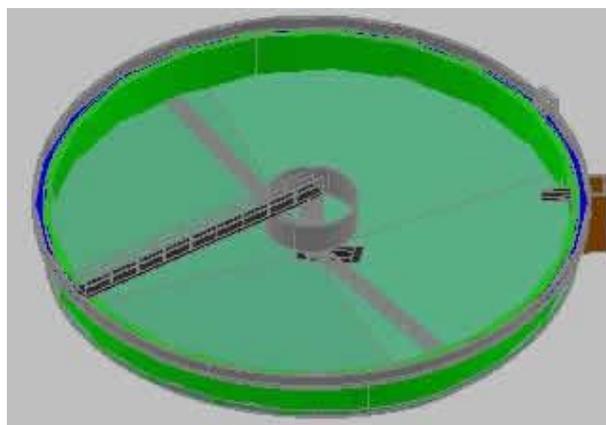
Sedimentadores primarios: que preceden al reactor biológico en donde los sólidos orgánicos y otros se separan.

Sedimentadores secundarios: que siguen al reactor biológico, en los cuales el lodo biológico se separa del efluente tratado.

La sedimentación deberá tener lugar en condiciones de reposo como se observa en la Fig 7, a distintos intervalos de tiempo, se retiran las muestras de los orificios y se analizan para ver el número de sólidos en suspensión (Morales, 2004).

El proceso de sedimentación puede reducir de un 20 a un 40% la DBO₅ y de un 40 a un 60% los sólidos en suspensión. La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación (Roing, 2006).

Figura 7. Sedimentador Primario



Fuente: Romero, 2004

Coagulación

La mayoría de los coloides están cargados negativamente, por lo que en agua son estables debido a la repulsión electrostática entre estas partículas invisibles. Esta repulsión sobrepasa las fuerzas de atracción de Van der Waals, por lo que no se aglomeran y, por lo tanto, no precipitan (Morales, 2004).

Mediante el proceso de coagulación se neutraliza la carga eléctrica del coloide anulando las fuerzas electrostáticas repulsivas, esta neutralización suele realizarse aplicando al agua determinadas sales de aluminio o hierro (coagulantes); de forma que los cationes trivalentes de aluminio o hierro neutralizan las cargas eléctricas negativas que suelen rodear a las partículas coloidales dispersas en el agua. La coagulación y la floculación tienen lugar en sucesivas etapas, de forma que una vez desestabilizadas las partículas, la colisión entre ellas permita el crecimiento de los microfloculos, apenas visibles a simple vista, hasta formar mayores floculos. Al observar el agua que rodea a los microfloculos, ésta debería estar clara; si esto no ocurre, lo más probable es que todas las cargas de las partículas no han sido neutralizadas y por tanto la coagulación no se ha completado, en este caso será necesario añadir más coagulante (Milan, 2003).

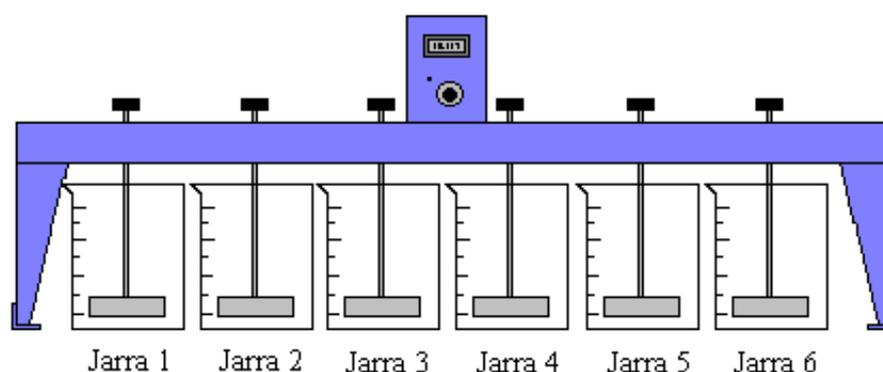
Floculación

Se trata de la formación de aglomerados (floculos) por unión de las partículas en suspensión existentes en el seno de un líquido. La floculación aumenta la velocidad de sedimentación en los sólidos en suspensión y mejora los procesos de filtración al incrementar el tamaño de las partículas. La separación de las partículas suspendidas mejora la claridad, el color, olor y sabor de las aguas. También disminuye la proporción de sólidos en suspensión y de la DBO₅ a la salida del decantador primario (Muñoz, 2005). (Lyonnaise, 2006).

Debido a que es necesario obtener velocidades de sedimentación altas, se suele mejorar el resultado obtenido por el control del pH mediante la adición de agentes coagulantes (sales de hierro o aluminio, destacando la alumbre, el aluminato sódico, el sulfato ferroso y los coagulantes férricos), que aportan

aniones y cationes de gran tamaño facilitando la precipitación al asociarse con las partículas en suspensión. La técnica de jarras, permite visualizar el proceso de floculación (Arboleda, 2007).

Figura 8. Prueba de Jarras



Fuente: Gómez, 2010

La prueba de jarra, se muestra en la Fig 8, es la técnica más extensamente usada para determinar la dosis de químicos y otros parámetros. En ella se tratan de simular los procesos de coagulación, floculación y sedimentación a nivel de laboratorio.

Existe en el mercado una gran variedad de equipos para pruebas de jarras, pero en toda su versatilidad debe radicar en utilizar una serie de jarras al mismo tiempo y la posibilidad de variación de la velocidad de agitación (rpm). En este proceso influyen factores químicos e hidráulicos. Entre éstos tenemos: pH, temperatura, concentración de coagulante, secuencia de aplicación de las sustancias químicas, gradiente de agitación, tiempo de sedimentación (Lyonnaise, 2006).

2.4.3. Tratamiento secundario

Muñoz (2005) menciona que la eliminación de la materia orgánica biodegradable, consiste en propiciar el crecimiento de microorganismos que se alimentan de la materia orgánica, de forma que la transforman en microorganismos insolubles y fáciles de eliminar. Se denomina tratamiento

biológico. Puede producirse en tanques de estabilización, tanques de aireación, percolación, lodos activos y digestores anaeróbicos.

Los microorganismos que intervienen son muy variados. Se pueden clasificar como:

Microorganismos primarios: bacterias (aerobias, anaerobias y facultativas) y algas unicelulares, capaces de metabolizar la mayoría de la materia orgánica.

Hongos y algas multicelulares no fotosintéticas: Los hongos pueden metabolizar casi todos los compuestos orgánicos y su rendimiento es superior al de las bacterias a pH inferiores a 6, déficit de nitrógeno o de oxígeno, aunque en condiciones ambientales óptimas no pueden competir con las bacterias.

Algas fotosintéticas: no consumen directamente de la materia orgánica, pero al generar oxígeno por la fotosíntesis consumiendo dióxido de carbono, amoníaco y fosfatos, colaboran en el mantenimiento de un medio aerobio.

Animales microscópicos: se alimentan de bacterias, con lo que intervienen en la clarificación de las aguas. Los microorganismos se obtienen de los lodos producidos en el tratamiento biológico, por lo que no es necesario desarrollar cultivos (Gómez, 2010).

Lodos activos

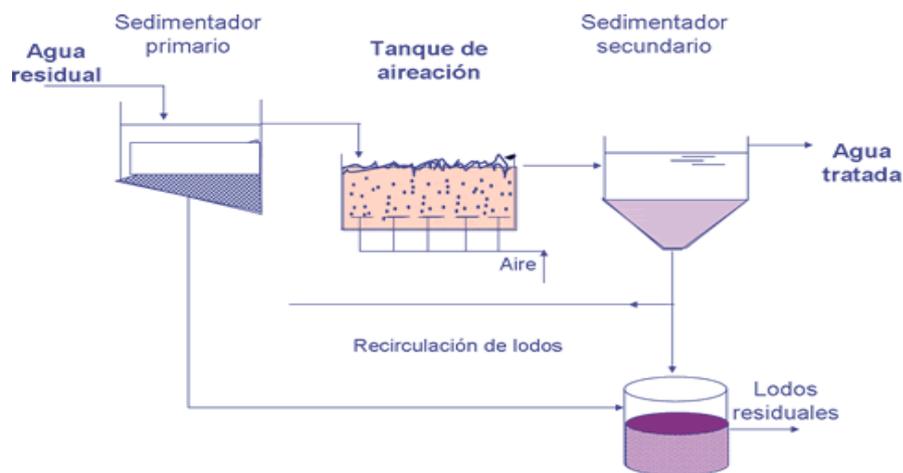
Gómez (2010) en el proceso un residuo se estabiliza biológicamente en un reactor bajo condiciones aeróbicas. El ambiente aeróbico se logra mediante el uso de aireación por medio de difusores o sistemas mecánicos como se indica en la Fig 9, al contenido del reactor se le llama líquido mezcla. En el proceso de lodos activados, las bacterias son los microorganismos más importantes, ya que estos son la causa de descomposición de la materia orgánica del efluente. En el reactor parte de la materia orgánica del agua residual es utilizada por las bacterias aeróbicas con el fin de obtener energía para la síntesis del resto de la materia orgánica en nuevas células.

Otro tipo de microorganismos igualmente de importantes son los protozoos y rotíferos que actúan como depurificadores de los efluentes. Los protozoos consumen las bacterias dispersas que no han floculado y los rotíferos

consumen partículas biológicas que no hallan sedimentado. El sistema por tanto consiste en desarrollar un cultivo bacteriano disperso en forma de flóculo alimentado con el agua a depurar. La agitación evita sedimentos y homogeniza la mezcla de los flóculos bacterianos y el agua residual (Metcalf, 2003).

Después de un tiempo de contacto, 5-10 horas, el líquido mezcla se envía a un clarificador (decantador secundario) para separar el agua depurada de los fangos. Un porcentaje de estos se recirculan al depósito de aireación para mantener en el mismo una concentración suficiente de biomasa activa. Se tiene que garantizar los nutrientes necesarios para que el sistema funcione correctamente, principalmente nitrógeno y fósforo. Posteriormente los efluentes pasan por los decantadores secundarios. Constituyen el último escalón en la obtención de un efluente bien clarificado, estable, de bajo contenido en DBO_5 y sólidos en suspensión. Aunque el tratamiento biológico reduce la DBO_5 del agua efluente un 75-90 %, la del fango se reduce en mucha menor medida, por lo que suele ser necesario el posterior tratamiento de dichos fangos (Lata, 2004).

Figura 9. Lodos Activados



Fuente: Gómez, 2010

Lagunas aireadas

En este caso se realiza en un depósito excavado en el terreno que funciona como reactor. El oxígeno es suministrado por aireadores o difusores de superficie. Pueden o no llevar recirculación de biomasa desde el sedimentador.

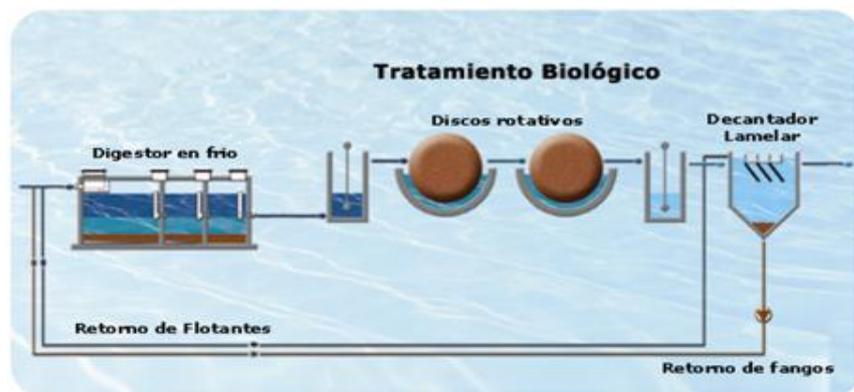
Filtros percoladores

Es un lecho de grava o de piezas de plástico donde se adhieren los microorganismos. Las aguas a tratar se vierten sobre el lecho, de forma que se asegura un buen contacto entre ambas fases. La materia orgánica se adsorbe a la capa de microorganismos de manera que puede ser metabolizada. Es conveniente que a la salida del filtro percoladores se instale un sedimentador para eliminar los sólidos que puedan desprenderse del filtro (Milan, 2003).

Sistemas biológicos rotativos de contacto (Biodiscos)

Consiste en una serie de discos paralelos que giran de forma cortante semi-sumergidos en la superficie del agua a tratar, como se observa en la Fig 10, los crecimientos biológicos se adhieren sobre el material de relleno de los discos formando una película biológica. La rotación del disco permite a la biomasa estar en contacto alternativo con las aguas residuales y con el oxígeno atmosférico, por lo que mantiene las condiciones aerobias. Mantienen los sólidos del agua en suspensión para su correcto transporte hacia el sedimentador (Davis, 2004).

Figura 10. Biodiscos



Fuente: Gómez, 2010

Digestión anaerobia

Se realiza en un tanque cerrado donde por operación continua o discontinua se introducen las aguas a tratar obteniendo sobre todo dióxido de carbono y metano, un elemento flotante límpido y lodos digeridos por la parte inferior. Presenta el inconveniente del lento crecimiento de las bacterias formadoras de metano y por tanto lenta degradación del residuo orgánico, lo que produce tiempos de retención muy altos. Una característica importante es que la producción de metano puede usarse en motores o en el calentamiento durante la digestión de lodos. La materia orgánica resultante, estará bien estabilizada, por lo que tras posterior secado puede acumularse en vertederos e incluso usarse para acondicionar tierras de labor (Tebbutt, 2003).

Filtro anaerobio

Columna de relleno sobre la que se desarrollan y fijan las bacterias anaerobias. El agua a tratar pasa de abajo a arriba por el interior de la columna, ocurriendo la descomposición de la materia orgánica sobre el soporte móvil, ocupan poco espacio.

Descritos sobre todo para mini estaciones de tratamiento transportables, las cuales pueden satisfacer las necesidades de tratamiento de pequeñas industrias (Muñoz, 2005).

Estanques anaerobios

Se usan para el tratamiento de aguas residuales con alto contenido en sólidos y en DBO₅. Se trata de tanques profundos excavados en el terreno sin agitación, para que los residuos precipiten hacia el fondo, donde se producirá la digestión. Se obtiene un clarificado que suele ser vertido a otro tratamiento posterior. Aunque el tanque se considera anaerobio, es razonable admitir que una estrecha zona de la superficie de las aguas sea un medio aerobio (Corbitt, 2005).

Oxidación Biológica

La oxidación biológica es el mecanismo mediante el cual los microorganismos degradan la materia orgánica contaminante del agua residual. De esta forma, estos microorganismos se alimentan de dicha materia

orgánica en presencia de oxígeno y nutrientes, de acuerdo con la siguiente. Para que lo anteriormente expuesto se produzca, son necesarias dos tipos de reacciones fundamentales totalmente acopladas: de síntesis o asimilación y de respiración endógena u oxidación.

Reacciones de síntesis o asimilación

Consisten en la incorporación del alimento (materias orgánicas y nutrientes) al interior de los microorganismos. Estos microorganismos al obtener suficiente alimento no engordan, sino que forman nuevos microorganismos reproduciéndose rápidamente.

Reacciones de oxidación y respiración endógena

Los microorganismos al igual que nosotros, necesitan de energía para poder realizar sus funciones vitales (moverse, comer etc.), dicha energía la obtienen transformando la materia orgánica asimilada y aquella acumulada en forma de sustancias de reserva en gases, agua y nuevos productos. Como podemos observar, después de un tiempo de contacto suficiente entre la materia orgánica del agua residual y los microorganismos (bacterias), la materia orgánica del medio disminuye considerablemente transformándose en nuevas células, gases y otros productos. Este nuevo cultivo microbiano seguirá actuando sobre el agua residual. A todo este conjunto de reacciones se les denomina de oxidación biológica, porque los microorganismos necesitan de oxígeno para realizarlas. Los microorganismos se ven obligados a la respiración endógena y a metabolizar el material del citoplasma de sus "colegas" y sus propias reservas (lisis) de esta forma aumentan la tasa de formación del floc biológico (Manahan, 2007).

2.4.4. Tratamiento terciario

Eliminación de la materia orgánica u otro tipo de contaminante que no haya sido eliminado en los tratamientos anteriores. Destacan la adsorción, intercambio iónico, ósmosis inversa y precipitación química.

Filtración

Se pasa el fluido a través de un medio que permita el paso del mismo y retiene las partículas sólidas. Los más usados son las arenas, la antracita y la tierra de diatomeas. Suele ser el último tratamiento que se le da al agua antes de ser canalizada hacia su destino, realizándose la eliminación de los sólidos finos en suspensión que restan tras el tratamiento biológico químico (Gómez, 2010).

Ósmosis inversa

Ocurre cuando dos soluciones de distinta concentración, en reposo, están comunicadas por una membrana semipermeable que permita el paso del solvente pero no del soluto. Así se produce una circulación de solvente a través de la membrana desde la solución más diluida a la más concentrada, tendiéndose a igualar las concentraciones a ambos lados. Por tanto el volumen de la solución más concentrada aumenta y en consecuencia también la presión ejercida por ésta sobre la membrana, hasta llegar al punto de equilibrio. Es, por tanto, la circulación de solvente de la fase más concentrada a la más diluida, concentrando aún más la primera. Se logra aplicando a la solución concentrada una presión mayor a la presión osmótica, por lo que a través de la membrana pasará de forma forzada el solvente, quedando retenido el soluto. Es un tratamiento caro ya que, además el consumo energético que supone el bombeo a alta presión, el efluente debe ser tratado previamente a fin de eliminar los sólidos en suspensión que pudieran contaminar las membranas. También decir que la vida de las membranas es relativamente corta y su precio alto, luego son usadas cuando existe un componente de difícil eliminación por los métodos convencionales, o cuando sea viable la recuperación de las sustancias contenidas en el concentrado (Corbitt, 2005).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del sitio de estudio

El lugar de estudio de la presente investigación es la cocina de la Universidad Politécnica Salesiana del campus Girón, la cual se ubica geográficamente en las siguientes coordenadas $S00^{\circ}12'31.1''$ / $W078^{\circ}29'15.7''$, tiene un área de 50 m^2 , la capacidad de aforo de la cafetería es de 120 personas. Dentro de sus principales actividades está la elaboración de productos alimenticios varios durante un periodo de 12 horas al día y 5 días a la semana, tiene una producción aproximada de 115 almuerzos diarios además de la distribución de alimentos fáciles de elaborar.

Dentro de la cafetería se identifica el punto de muestreo, una trampa de grasa que mide 47 cm de largo, 23 cm de ancho y 23 cm de profundidad, la cual está localizada bajo el lavabo de la cocina de dicha cafetería y recolecta principalmente el agua residual de los procesos de lavado.

En relación al punto de muestreo y al tiempo de trabajo diario, se determina que la muestra recolectada es de tipo compuesta y su cuerpo receptor de la descarga final es la alcantarilla.

Se toma en cuenta todas estas características del sitio para conocer que por su tipo de actividad, su cuerpo receptor y ubicado en el Distrito Metropolitano de Quito, ésta se regula por la ordenanza N° 213 del DMQ en cuanto a los parámetros mínimos analizados para descargas de agua residual, como se muestra en el Anexo 1.

Imagen 1. Lavadero de la cocina de la UPS



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.2. Medición de caudal

Materiales:

- Jarra graduada
- Metro
- Cronómetro
- Guantes de caucho

Procedimiento:

La medición de caudal fue realizada utilizando dos técnicas descritas en la ordenanza N° 213 del DMQ, en la primera técnica se mide las dimensiones de la trampa de grasa donde se recolecta el agua residual que sale del lavabo y el tiempo en que éste se llena.

En la segunda técnica se enjuaga 2 veces la jarra plástica con el agua que será recolectada, posteriormente se toma un volumen de muestra y se mide el tiempo desde que se introduce el recipiente a la salida de la descarga hasta que se lo retira de ella; la relación de estos dos valores permite conocer el caudal en ese instante de tiempo. Se registra en una hoja de datos de campo los valores medidos.

3.3. Muestreo

Materiales:

- Jarra graduada
- Botellas de vidrio ámbar
- Guantes de caucho
- Cooler con gel refrigerante

Para determinar la cantidad de muestras que se deben recolectar, se emplea el método de números aleatorios generados por ordenador. Para esto, se determina que una muestra representativa comprende 10 muestras tomadas varios días de lunes a viernes, las cuales fueron escogidas aleatoriamente durante un periodo comprendido de 3 meses, los cuales fueron enero, febrero, marzo y se indican en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Muestreo aleatorio

Fechas de muestreo			
M1	28 de Enero	M6	27 de Febrero
M2	31 de Enero	M7	07 de Marzo
M3	04 de Febrero	M8	13 de Marzo
M4	19 de Febrero	M9	19 de Marzo
M5	22 de Febrero	M10	29 de Marzo

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

En cuanto a la toma de muestra, según el método APHA 1060 B se identifica el punto de muestreo más adecuado. Posteriormente se rotula las botellas con la identificación respectiva, se ubica el termo-higrómetro lo más cerca posible al punto de monitoreo. Se agrega previamente las respectivas sustancias preservantes como hidróxido de sodio para el análisis de aceite y grasas además se enjuaga 2 veces las botellas con el agua de la muestra (APHA, AWWA, & WPCF, 1992).

Se recolecta el agua residual y se realiza las respectivas mediciones *in situ*, como temperatura del agua y condiciones ambientales, ya que la muestra es compuesta, se coloca la cantidad de agua necesaria de cada alícuota en la botella, combinando en cada botella las alícuotas tomadas durante el día. Se registra en una hoja de datos los valores medidos y se repite la recolección y la medición de datos cada hora durante 5 horas se mantiene y se transporta las botellas en un cooler con hielo hasta el ingreso al laboratorio.

Imagen 2. Muestreo



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.4. Medición *in situ* de condiciones ambientales

Equipos:

- Termómetro Celsius
- Termo-higrómetro

Reactivos y Materiales:

- Agua destilada
- Cubeta de plástico
- Guantes de caucho
- Papel absorbente

Procedimiento:

Según el método APHA 2550 B, se recolecta el agua residual con la jarra, se introdujo el termómetro en el agua y se deja estabilizar por 1 minuto, luego se reporta el valor medido, se lee los valores ambientales indicados en el termohigrómetro. Se registra en una hoja de datos los valores medidos y se repite las mediciones para cada alícuota tomada para cada hora.

3.5. Medición de potencial de hidrógeno (pH)

Equipos:

- Potenciómetro

Reactivos y Materiales:

- Buffer de pH 4, 7, 10
- Agua destilada
- Vaso de precipitación
- Piceta
- Guantes de nitrilo
- Papel absorbente

Procedimiento:

Como indica el método APHA 4500-H⁺ B, antes de tomar alguna medición se revisa que el potenciómetro haya sido calibrado con los buffer estándar.

Se lava el electrodo con agua destilada y se enjuaga con una pequeña cantidad de muestra, posteriormente se coloca una cantidad de muestra homogénea en el vaso de precipitación se sumerge el electrodo en la muestra y se espera el valor de medición mientras se agita suavemente.

Se retira el electrodo de la muestra y se lava con agua destilada para eliminar la contaminación además se registra el valor medido en el cuaderno de datos de laboratorio.

Imagen 3. Medición de pH



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.6. Determinación demanda química de oxígeno (DQO)

Equipos:

- Espectrofotómetro
- Termoreactor

Reactivos y Materiales:

- Ácido sulfúrico
- Sulfato de plata
- Dicromato de potasio
- Agua destilada
- Vial con tapa
- Pipeta automática de 2ml
- Gradilla para tubos de ensayo
- Piceta
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla

Procedimiento:

Según el método APHA 5220 D se pipetea 2 ml de muestra en el vial que contiene los reactivos necesarios para realizar el análisis de DQO.

Se pipetea 2 ml de agua destilada y se coloca en otro vial, este será el blanco del ensayo, posteriormente se agita los viales para que los reactivos contenidos en el mismo se mezclen muy bien con la muestra, una vez que el termoreactor ha alcanzado la temperatura de 150°C, se coloca los viales en el porta tubos del termoreactor y se deja digestar las muestras durante 2 horas para que se produzca la reacción.

El equipo indica el término del tiempo de reacción, se deja enfriar y se retira los viales, se enciende el espectrofotómetro y se programa para la lectura de la muestra, luego se limpia el exterior del vial que contiene el blanco y las muestras con un paño.

Se coloca el vial del blanco dentro del porta celdas del espectrofotómetro y se encera el equipo, se coloca de la misma forma el vial con muestra y se realiza la lectura, se registra el valor medido en el cuaderno de laboratorio.

Imagen 4. Determinación demanda química de oxígeno (DQO)



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.7. Determinación demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

Procedimiento:

Según el método APHA 5210 B, consiste en llenar un frasco hermético de 500 ml hasta rebosar con muestra de agua residual, e incubarlo a 20°C durante 5 días. El oxígeno disuelto (OD) se mide antes y después de la incubación, y la DBO₅ se calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final.

Se determinó la DBO₅ en el Laboratorio Anncy, un laboratorio privado, acreditado para este análisis, por motivos de accesibilidad de los equipos en el laboratorio de la institución.

3.8. Determinación de aceites y grasas

Equipos:

- Estufa
- Balanza analítica
- Plancha de calentamiento
- Cabina extractora de gases
- Equipo de destilación

Reactivos y Materiales:

- n - Hexano
- Sulfato de sodio anhidro
- Agua destilada
- Embudo de separación
- Soporte para embudo de separación
- Espátula pequeña
- Vaso de precipitación
- Probeta
- Balón de destilación
- Pinzas para balones

- Embudo para filtración
- Papel filtro
- Desecador
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla

Procedimiento:

Según el método APHA 5520 B se procede con el secado del balón de destilación en horno estufa a 105 °C durante una hora, y se enfría en desecador y se pesa.

Se conserva el balón en el desecador y pesa posteriormente para obtener un peso inicial, luego se toma 300 ml de la muestra en una botella ámbar y se acidifica hasta pH 2 o inferior con ácido clorhídrico.

Se pone la muestra en un embudo de separación, se enjuaga la botella de la muestra con 30 ml de n - hexano, y se añade a la botella un lavado con agua destilada caliente, se trasvasa al embudo de separación, posteriormente se agita vigorosamente éste último durante 2 minutos.

Se deja reposar hasta que se separen las fases, se drena la capa de disolvente a un vaso de precipitación que contiene 2 gramos de sulfato de sodio anhidro, y se trasvasa a través del embudo de filtración que contenga el papel filtro, sobre el balón de destilación limpio y pesado.

Luego se destila el disolvente del balón de destilación en una plancha de calentamiento a 160 °C, se enfría en un desecador el balón y después de un par de horas se pesa para obtener un peso final, además se registra el valor pesado en el cuaderno de laboratorio.

Imagen 5. Determinación de aceites y grasas



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.9. Determinación de detergentes

Equipos:

- Espectrofotómetro
- Cabina extractora de gases

Reactivos y Materiales:

- Benceno
- Azul de metileno
- Ácido sulfúrico
- Agua destilada
- Embudo de separación
- Soporte para embudo de separación
- Espátula pequeña
- Gotero
- Tubo de ensayo con tapa
- Gradilla para tubos de ensayo
- Vaso de precipitación
- Probeta
- Guantes de nitrilo y Mascarilla

Procedimiento:

El método APHA 5540 C, indica que se trasvasa 300 ml de la muestra en un balón aforado, bien limpio, seco e identificado con el código de la muestra.

Se transfiere 300 ml de la muestra en un embudo de separación previamente identificado, se añade 10 gotas de ácido sulfúrico 1N para acidificar la muestra y se agita durante 5 segundos.

Se añade una pequeña cantidad de azul de metileno, se tapa el embudo de separación y se agita para homogenizar. Después se añade 30 ml de benceno al embudo, se tapa y se agita suavemente durante un minuto.

Se coloca el embudo de separación sobre un soporte y se deja reposar 1 hora o hasta que se vea claro el disolvente. Se quita la tapa del embudo de separación y se deseca la capa acuosa inferior.

Se coloca la capa bencénica superior en un tubo de ensayo con tapa, se enciende el espectrofotómetro y se programa para lectura de la muestra. Se limpia el exterior del tubo que contiene el blanco (benceno), se coloca el tubo del blanco dentro del porta celdas del espectrofotómetro y se encera.

Por último se realiza la lectura de la muestra y se registra el valor medido en el cuaderno de laboratorio.

Imagen 6. Determinación de detergentes



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.10. Determinación de sólidos en suspensión

Equipos:

- Estufa
- Balanza analítica
- Equipo de filtración al vacío

Reactivos y Materiales:

- Agua destilada
- Platos de aluminio
- Pinzas para filtro
- Papel filtro de fibra de vidrio
- Desecador
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla

Procedimiento:

Según el método APHA 2540 E, se coloca un filtro de fibra de vidrio en el plato de aluminio y se etiqueta.

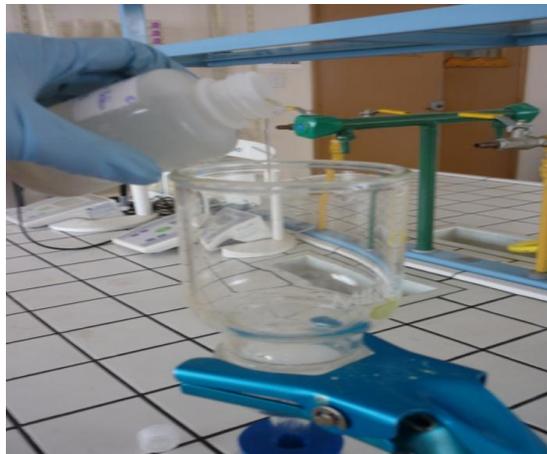
Se seca el filtro en la estufa a 105° C durante una hora, se retira, se enfría en un desecador. Posteriormente se conserva el filtro en el desecador y se pesa antes de usar.

Luego se monta el equipo de filtración al vacío, se coloca el filtro previamente tarado en el equipo de filtración y se inicia la succión, se filtra un volumen de 100 ml de muestra, a través del filtro de fibra de vidrio.

Se lava con tres volúmenes sucesivos de 10 ml en cada lavado de agua destilada, se succiona durante 3 minutos después de terminado el filtrado.

Se separa cuidadosamente el filtro del equipo y se traslada al platillo de aluminio, se seca el filtro en horno a 105 °C durante una hora, se enfría en desecador y se pesa, se registra el valor pesado en el cuaderno de laboratorio.

Imagen 7. Determinación de Sólidos suspendidos



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.11. Determinación de sólidos sedimentables

Materiales:

- Cono de Imhoff
- Varilla de agitación
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla

Procedimiento:

Como el método APHA 2540 F indica, se llena un cono de Imhoff hasta la marca de 1 litro con la muestra bien homogenizada, se deja sedimentar los sólidos de la muestra durante 45 minutos y se remueve suavemente las paredes del cono con una varilla de agitación, luego se mantiene en reposo por 15 minutos más.

Posteriormente se mide el volumen de sólidos sedimentados en la base del cono como mililitros por litro y se registra el valor medido en el cuaderno de laboratorio.

Imagen 8. Determinación de sólidos sedimentables



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.12. Pretratamiento

3.12.1. Cribado

Materiales:

- Cubeta plástica
- Malla de acero inoxidable con soporte
- Tubería plástico
- Tapón de desfogue

Procedimiento:

Se coloca en la parte superior de una cubeta plástica de 20 litros, una malla de acero inoxidable de 4 mm de poro con inclinación de 45° respecto al recipiente, según Morales, (2004) para determinar el tamaño del poro de malla del tamiz se debe tomar en cuenta una cualificación y cuantificación del tamaño mínimo de los sólidos presentes en la descarga, por lo tanto se determina que el sólido de menor tamaño en la descarga del agua residual de la cafetería de la UPS fue medio grano de arroz, el cual mide 4 mm.

Posteriormente se instala una manguera plástica al extremo de la cubeta plástica y un tapón de desfogue en la base del mismo.

Se procede a trasvasar el agua residual proveniente de la cafetería a través de la malla, la cual retuvo los sólidos de mayor tamaño. Como se puede observar en la Imagen 9.

Imagen 9. Cribado



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.13. Tratamiento primario

3.13.1. Floculación

Materiales:

- Cubeta plástica
- Tubería plástico
- Paleta metálica con motor
- Jeringa
- Balón aforado de 1000 ml
- Balón aforado de 100 ml
- Balanza Analítica
- Vaso de Precipitación

Reactivos:

- Sulfato de aluminio
- Agua destilada

Procedimiento:

Según Arboleda (2007) se prepara soluciones de sulfato de aluminio al 10 % (solución madre). Para esto se pesa 100 g de sulfato de aluminio granular, en una balanza analítica debidamente calibrada.

Se coloca en un vaso de precipitación y se procede a disolver con un poco de agua destilada se agita vigorosamente y se coloca en un balón aforado de 1000 ml, se afora con agua destilada.

Posteriormente se toma una alícuota de 10 ml de la solución madre de sulfato de aluminio al 10% y se coloca en un balón de 100 ml, luego se afora con agua destilada, se agita y se deja reposar unos 5 minutos antes de utilizarla se toma en cuenta además que esta solución se preparara diariamente y los sobrantes se debe desechar.

Se coloca la tubería a los lados de la cubeta para la entrada y salida del agua residual de la cafetería, y se coloca en la parte superior una paleta metálica que gira con un pequeño motor.

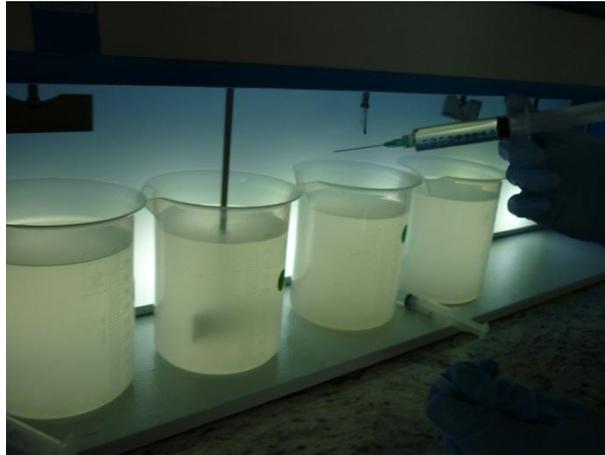
Eventualmente se trasvasa el agua residual de la cafetería de la UPS y se mide pH inicial, turbidez, color para aplicar la dosis adecuada de floculante.

Imagen 10. Floculación



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Imagen 11. Prueba de jarras-floculación



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Medición de potencial de hidrógeno (pH)

Equipos:

- Potenciómetro

Procedimiento:

Se realiza la medición de pH como indica el método APHA 4500-H⁺ B, el cual se detalla en el literal 3.5.

Medición de Turbidez

Equipos:

- Turbidímetro

Reactivos y Materiales:

- Standard libre de turbidez

Procedimiento:

Como indica el método APHA 2130B, antes de tomar alguna medición se revisa que el turbidímetro haya sido calibrado con una solución patrón. Se

coloca la muestra cruda en viales los cuales fueron comparados con soluciones patrón se espera hasta que el símbolo de estabilidad del equipo aparezca y se registra el valor medido en el cuaderno de laboratorio, obteniendo también la lectura de la muestra tratada.

Imagen 12. Medición Turbidímetro



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Medición de Color

Equipos:

- Tubos de Nessler

Reactivos y Materiales:

- Soluciones patrones con 5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,60,70 unidades de color.

Procedimiento:

Como se indica en el método APHA 2120B, el color se determina mediante comparación visual de la muestra con concentraciones conocidas de las soluciones coloreadas. Se toma el agua cruda y se la pone en tubos Nessler los cuales fueron comparados con soluciones patrones de 5,10,15,20,25,30,

35,40,45,50,60,70 unidades de color. Después se procede a comparar las soluciones patrón con el agua tratada.

Ya medidos los parámetros previos al ensayo de prueba de jarras, se enciende la paleta metálica que está adaptado a un pequeño motor tomando en cuenta las revoluciones por minuto a la que gira la paleta, posteriormente con una jeringa se inyecta la solución de sulfato de aluminio poco a poco hasta la formación de flóculos.

3.13.2. Sedimentación

Materiales:

- Cubeta plástica
- Tubería plástico
- Tapón de desfogue

Procedimiento:

Se instala una manguera a los extremos de la cubeta plástica y un tapón de desfogue en la base del mismo.

Según Orozco (2005) se procede a trasvasar el agua residual proveniente del floculado permitiendo así que el agua repose y los sólidos se depositen por gravedad en la parte inferior del recipiente. Luego el agua residual fluye por una de las mangueras al siguiente recipiente para continuar con su tratamiento.

Imagen 13. Sedimentación



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

3.14. Tratamiento Secundario

3.14.1. Oxidación biológica

Materiales:

- Cubeta plástica
- Tubería plástico
- Tapón de desfogue
- Paleta metálica con motor

Procedimiento:

Se coloca mangueras de entrada y salida del agua a los extremos de la cubeta plástica, se coloca en la parte inferior un pequeño motor que proporciona aire limpio.

Eventualmente se trasvasa el agua residual del proceso de sedimentación y se enciende el motor para proporcionar oxígeno al agua y promover que la carga biológica realice su función normal de degradación de la materia orgánica restante. (Osorio, 2010).

Imagen 14. Oxidación Biológica



Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caudal

En la primera técnica se midió las dimensiones de la trampa de grasa y el tiempo en que ésta se llena, con estos datos se calculó el volumen descargado de agua residual, en litros, como se detalla a continuación:

Cuadro 2. Dimensiones de la trampa de grasa

Largo (l)	47 cm
Ancho (a)	23 cm
Profundidad (p)	23 cm
Tiempo (s)	40 s

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

$$V = l * a * p$$

$$V = 24,863 L$$

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = 0,62 L/s$$

V: volumen del contenedor (L)

Q: caudal de descarga (L/s)

En la segunda técnica se tomó directamente de la tubería de descarga una cierta cantidad de agua residual en una jarra graduada y se cronometró el tiempo que se tardó en recolectar el agua, con aquellos datos de volumen y tiempo, se calculó el caudal empleando la misma ecuación de caudal de la primera técnica.

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = 0,60 L/s$$

En las dos técnicas empleadas, (las cuales se describen como aptas en la ordenanza N° 213 del DMQ), se obtuvo los mismos valores de caudal, así teniendo un promedio de 0,6 L/s, conociendo este valor podemos decir que la cantidad de descarga de agua residual de la cocina de la cafetería está dentro de lo permitido comparado con lo que indica la tabla de límites permisibles de la ordenanza N° 213 del DMQ, en el cual se detalla que el límite máximo permisible para el caudal es de 4,5 L/s. Esto se puede verificar en el Anexo 9.

4.2. Datos *In situ*

Para obtener los datos *in situ* fue necesario utilizar un termo hidrómetro, el cual midió condiciones ambientales como humedad relativa y temperatura ambiental, además se usó un termómetro de mercurio de un amplio rango de medición para medir la temperatura del agua muestreada al instante de su descarga, obteniendo los valores detallados en el Cuadro 3. Las condiciones ambientales como temperatura ambiental y humedad relativa son datos que permiten al técnico verificar si las condiciones del sitio son óptimas para la toma de muestra, ya que demasiada humedad no permite tener valores confiables así lo describe el APHA 1992. Los valores medidos de temperatura ambiental y humedad relativa son datos referenciales de las condiciones del sitio de estudio, ya que no existe ningún documento que indique un límite máximo o mínimos permisibles de estos datos.

Cuadro 3. Mediciones *In situ*

Muestras	Temperatura muestra (°C)	Temperatura ambiental (°C)	Humedad relativa (%)
M1	20,2	22,6	48
M2	18,8	23,2	46
M3	18,2	22,1	49
M4	18,4	21,8	55
M5	18,9	23,9	45
M6	18,0	22,5	52
M7	18,6	22,7	50
M8	18,2	23,6	47
M9	20,7	23,1	48
M10	22,8	22,3	50

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Los valores que se obtuvieron en las todas las mediciones fueron siempre similares, en cuanto a los datos de temperatura de la muestra, estos fueron comparados con el límite máximo permisible de la ordenanza N° 213 del DMQ en donde se indica que la temperatura del agua descargada debe ser máximo de 40 °C, (Anexo 9), por lo tanto los valores de temperatura de las muestras están dentro del valor permitido de la ordenanza.

4.3. Caracterización físico-química del agua residual

Inmediatamente después que se recolectó las muestras, se realizó cada uno de los análisis respectivos que se detalló en la metodología, tomando como guía los métodos APHA para aceites y grasas, DQO, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, detergentes. En cuanto al análisis de DBO₅ se contrató al laboratorio Anncy acreditado en este análisis con el método APHA para la realización del mismo, ya que en el laboratorio de la institución no se tuvo accesibilidad para realizar el análisis.

Cuadro 4. Caracterización gravimétrica de aceites y grasas (mg/L).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
mr1	346	109	41	181	203	108	72	180	142	170
mr2	347	106	39	181	207	104	75	174	141	185
mr3	349	105	42	182	201	105	76	185	138	169
mr4	348	108	46	180	202	106	68	180	138	183
mr5	348	109	46	180	201	110	67	184	136	180
PROMEDIO	348	107	43	181	203	107	72	181	139	177

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 5. Caracterización de demanda química de oxígeno (mg/L).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
mr1	784	507	1644	564	1100	509	268	1318	520	534
mr2	779	499	1654	558	1115	506	254	1322	514	530
mr3	780	507	1640	558	1105	497	270	1321	518	532
mr4	780	497	1638	568	1118	495	268	1316	525	528
mr5	785	508	1645	570	1114	512	280	1315	521	528
PROMEDIO	782	504	1644	564	1110	504	268	1318	520	530

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 6. Caracterización de pH (UpH).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
mr1	7,0	6,2	7,1	5,6	5,6	6,6	6,5	7,4	6,7	6,4
mr2	6,9	6,3	7,3	5,8	5,5	6,4	6,4	7,3	6,8	6,6
mr3	6,8	6,4	7,0	5,6	5,8	6,5	6,4	7,0	6,8	6,3
mr4	6,7	6,5	7,2	5,9	5,6	6,5	6,4	7,2	6,8	6,4
mr5	7,0	6,5	7,2	6,0	5,7	6,2	6,5	7,3	6,7	6,5
PROMEDIO	6,9	6,4	7,2	5,8	5,6	6,4	6,4	7,2	6,8	6,4

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 7. Caracterización de sólidos sedimentables (ml/L).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
mr1	54	54	45	36	132	52	20	44	100	42
mr2	55	50	47	35	133	50	29	45	101	40
mr3	50	55	48	38	132	54	26	44	103	39
mr4	47	48	45	33	130	46	24	45	100	41
mr5	45	45	42	34	125	48	25	45	98	40
PROMEDIO	50	50	45	35	130	50	25	45	100	40

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 8. Caracterización de sólidos suspendidos (mg/L).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
mr1	695	242	1263	195	545	246	2052	934	208	712
mr2	696	243	1262	193	544	245	2054	935	207	713
mr3	694	244	1260	190	546	244	2055	936	205	709
mr4	695	244	1264	192	543	244	2054	936	209	710
mr5	698	245	1265	191	544	242	2053	937	208	708
PROMEDIO	696	244	1263	192	544	244	2054	936	207	710

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 9. Caracterización de detergentes (mg/L).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
mr1	0,01	0,09	0,02	0,06	0,02	0,1	0,02	0,03	0,01	0,04
mr2	0,01	0,1	0,01	0,08	0,03	0,09	0,02	0,04	0,02	0,05
mr3	0,02	0,08	0,01	0,04	0,03	0,1	0,02	0,02	0,02	0,04
mr4	0,02	0,09	0,01	0,06	0,03	0,09	0,01	0,02	0,01	0,05
mr5	0,02	0,09	0,01	0,05	0,02	0,09	0,02	0,03	0,02	0,05
PROMEDIO	0,02	0,09	0,01	0,06	0,03	0,09	0,02	0,03	0,02	0,05

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

En los cuadros 4 - 9 se describen los promedios de los análisis realizados en el laboratorio. Se tomaron cinco muestras diarias las cuales fueron analizadas por separado, teniendo valores representativos o repeticiones (Davis, 2004).

El mismo procedimiento se realizó en el resto de parámetros como aceites y grasas, DQO, pH, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos, detergentes. Los resultados obtenidos en la caracterización físico-química de las muestras de agua residual, sirvieron para determinar la concentración de los principales agentes contaminantes presentes en las mismas, los cuales se resumen en el Cuadro 10, incluyendo los valores DBO₅ entregados por el laboratorio Anncy.

Para mejor interpretación de los resultados como nos indica la ordenanza N° 213 del DMQ y como registran los datos los equipos empleados para la caracterización, estos fueron expresados en unidades de mg/L, incluyendo los resultados obtenidos por laboratorio Anncy.

Cuadro 10. Caracterización físico química del agua residual

Parámetro	Unid	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Promedio
A y G	mg/l	348	107	43	181	203	107	72	181	139	177	156
DBO5	mg/l	391	242	872	282	800	242	134	502	464	265	419
DQO	mg/l	782	504	1644	564	1100	504	268	1318	520	530	773
pH	UpH	6,9	6,4	7,2	5,8	5,6	6,4	6,4	7,2	6,8	6,4	6,5
S. s	mg/l	50	50	45	35	130	50	25	45	100	40	57
S.S	ml/l	696	244	1263	192	544	244	2054	936	207	710	709
D	mg/l	0,02	0,09	0,01	0,06	0,09	0,09	0,02	0,03	0,02	0,05	0,05

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

A y G = Aceites y grasas

S. s = Sólidos sedimentables

S.S = Sólidos suspendidos

D = Detergentes

En el Cuadro 11 se presenta el comportamiento estadístico de los valores obtenidos para cada uno de los ensayos realizados.

Cuadro 11. Valores estadísticos.

Promedio	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente de variación
156	7298	85	0,5
419	60715	246	0,6
773	192129	438	0,6
6,5	0	1	0,1
57	1046	32	0,6
709	349623	591	0,8
0,05	0	0	0,7

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

La desviación estándar en nuestra evaluación nos da la precisión al momento de evaluar el promedio de las muestras. Como se observa en el Cuadro 11 se realizó la varianza en un inicio para posteriormente obtener la desviación estándar de los promedios resultantes en cada parámetro analizado.

Para caracterizar a las muestras de cada parámetro se puede optar por otra medida de distribución como el coeficiente de variación que se calcula a través de la diferencia entre la desviación estándar y la media de los promedios de cada parámetro como aceites y grasas, detergentes, DQO, DBO₅, sólidos suspendidos y sólidos sedimentables.

Ya obtenidos los valores de cada análisis se utilizó el Cuadro 12 para hacer la comparación entre los límites máximos permisibles de la Ordenanza N°213 del DMQ y el Cuadro 10 de los valores obtenidos en laboratorio.

Cuadro 12. Límites máximos permisibles

Parámetros	Unidades	Límite máximo permisible
Aceites Y Grasas	mg/l	100
DBO5	mg/l	120
DQO	mg/L	240
pH	un pH	5-9
Sólidos Sedimentables	ml/L	10
Sólidos Suspendidos	mg/l	95
Temperatura	°C	40
Detergentes	mg/L	0,5

Fuente: Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito, 2007.

En referencia a la comparación de resultados, se encontró que existen altas concentraciones de algunos contaminantes como son aceites y grasas, DBO₅, DQO, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos. Estos resultados que se detallan marcados en el Cuadro 10, indican que estos valores sobrepasan el límite máximo permisible de la Ordenanza N°213, en base a lo cual se buscó proponer el mejor tratamiento para reducir la concentración de aquellos contaminantes en el agua final de descarga que va al sistema de alcantarillado.

4.4. Tratamiento del agua residual

Analizados los datos obtenidos en la caracterización del agua residual y en conocimiento de los parámetros excedidos, se decidió probar los tratamientos más adecuados para reducir los valores. Los tratamientos escogidos como más adecuados son cribado o tamizado, floculación, sedimentación y oxidación biológica.

Para probar estos tratamientos, se realizó la toma de una última muestra (denominada muestra cruda), en la que se analizaron los mismos parámetros de las muestras anteriores, indicando en el Cuadro 13. Excepto el análisis de detergente como se muestra en el Cuadro 10, y la temperatura de la muestra en el Cuadro 3, por ser parámetros que no exceden los límites permisibles de la Ordenanza.

Cuadro 13. Caracterización muestra cruda

Parámetro	Unidades	Muestra cruda
Aceites Y Grasas	mg/l	284
DBO ₅	mg/l	2545
DQO	mg/L	5845
pH	un pH	5,4
Sólidos Sedimentables	ml/L	85
Sólidos Suspendidos	mg/l	1355

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Para iniciar el proceso se hizo pasar en secuencia la muestra cruda por cada uno de los recipientes que representan a los tratamientos propuestos, iniciando con:

Cribado

Se hizo pasar la muestra cruda por cuatro tamaños de poro de la malla para decidir visualmente cual es el más adecuado para el tipo de muestra, obteniendo los resultados que se indican en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Medidas de mallas

Tamaño de poro de la malla	Resultado
2 mm	Se taponan las mallas
4 mm	Retiene y deja pasar sólidos muy pequeños
6 mm	Retiene pero deja pasar sólidos medianos
8 mm	Retiene pero deja pasar sólidos muy grandes

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Como resultado de esta prueba se determinó que la medida más adecuada para el cribado fue la de 4 mm, ya que retuvo gran cantidad de sólidos pequeños, medianos y grandes, solo dejando pasar muy pocos sólidos como los suspendidos en el agua y se tuvo la ventaja de tener un buen flujo de agua al momento de tamizar.

Con esto se comprueba lo que Morales (2004) indica que la manera más adecuada para determinar el tamaño de la malla es medir el sólido más pequeño que por ella podría pasar, en este caso la medida fue de medio grano de arroz (4 mm).

Floculación

Para poder disminuir en gran cantidad los sólidos suspendidos, se decidió realizar una floculación, para lo cual fue necesario emplear la prueba de jarras en donde se determinó las condiciones óptimas en cuanto a la concentración del floculante, el pH, las rpm en las que se produce la formación de flóculos suspendidos en el agua, obteniendo los siguientes resultados descritos en los Cuadros 15 - 17.

Cuadro 15. Concentración de floculante

Concentración del floculante	Resultado
0,20%	muy lento y queda turbio
0,50%	aún queda suspendidos, pero se ve menos turbio
1,0%	flóculos en 30` y queda casi cristalina el agua
1,50%	flóculos en 15` pero no sedimentan rápido

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 16. pH óptimo

pH	Resultado
2	No floculo
6	No floculo
9	Si floculo
11	Floculo con mucha turbidez

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Cuadro 17. Revoluciones de mezcla

	Resultado
20 rpm	No se mezcla
60 rpm	Mezcla óptima
100 rpm	Muy rápida la mezcla

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Ya determinadas las condiciones óptimas, (pH 9, 1% de concentración de sulfato de aluminio, y 60 rpm) se llevó a cabo el proceso de floculación de la muestra cruda, previamente a esto se realizó los análisis que ayudan a comprobar que la prueba de jarras está bien ejecutada, así obteniendo los resultados del Cuadro 18.

Cuadro 18. Análisis de control de la prueba

Análisis	Unidad	Dato Inicial	Dato Final
pH	U pH	6,03	5,82
Color	pt-co	100	30
Turbidez	unf	169,6	17,7

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Ya comprobado lo que indica Arboleda (2007) sobre las condiciones óptimas de la prueba de jarras se puede afirmar que se obtuvo buenos resultados comparando los valores de la muestra cruda y la muestra tratada por la floculación.

Sedimentación

Después de la floculación se dejó pasar el agua cruda a la cubeta de sedimentación, donde se dejó reposar por un tiempo para lograr sedimentar los flóculos producidos en el proceso anterior, probándose varios tiempos para determinar el más adecuado como se indica en el Cuadro 19.

Previo al floculado se realizó una medición de sólidos sedimentables y posterior a la sedimentación se volvió a medir teniendo los resultados indicados en el Cuadro 20 de muestra cruda y muestra tratada.

Cuadro 19. Sedimentación

	30 minutos	1 hora	2 horas	Unidad
Muestra cruda	30	85	90	ml/L
Muestra tratada	4	10	13	ml/L

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Según Orozco (2005) el tiempo ideal en la sedimentación es de una hora para un tratamiento de agua residual y se lo pudo verificar en esta prueba ya que al probar los tres rangos de tiempo, a los 30 minutos se sedimentó pero aún quedaban sólidos dispersos en el agua, a las 2 horas se observa la sedimentación muy similar que a la hora pero se tuvo mucha pérdida de tiempo hasta esperar el tiempo transcurrido y el mejor resultado se obtuvo a una hora de sedimentación.

Oxidación biológica

El agua que finalmente sale del tratamiento de sedimentación se la pasó a la cubeta de oxidación biológica, en donde se le proporcionó una fuente de oxígeno adicional que ayudó a los microorganismos presentes en el agua residual a cumplir de manera natural la degradación de la materia orgánica.

Una manera de verificar que estos microorganismos propios del agua pudieron ayudar a reducir la cantidad de materia orgánica, es realizando la comparación entre el valor inicial obtenido en DBO₅ de la muestra cruda y el valor final de la DBO₅ de la muestra tratada, lo cual se puede observar en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Resultados de tratamiento propuesto

Parámetros	Unidades	Muestra cruda	Muestra tratada
Aceites Y Grasas	mg/l	284	114
DBO ₅	mg/l	2545	891
DQO	mg/L	5845	2046
pH	un pH	5,4	9,0
Sólidos Sedimentables	ml/L	85	10
Sólidos Suspendidos	mg/l	1355	176

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Con el tratamiento terminado además de reducir en gran cantidad los sólidos sedimentables y suspendidos, también se logró reducir el valor de DQO, DBO₅ y por ende se redujo el valor de aceites y grasas.

Cuadro 21. Comparación de los valores obtenidos de muestra tratada con los valores de límites permisibles

Parámetros	Unidades	Límites permisibles	Muestra tratada	Valor en exceso
Aceites y Grasas	mg/l	100	114	14
DBO ₅	mg/l	120	891	771
DQO	mg/L	240	2046	1806
Sólidos Sedimentables	ml/L	10	10	0
Sólidos Suspendidos	mg/l	95	176	81

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

En el Cuadro 21 se indica el exceso en los valores obtenidos en los parámetros analizados de la muestra tratada en comparación con los límites permisibles de la Ordenanza

CONCLUSIONES

- ✓ En la evaluación de la situación actual del agua residual que se genera en la cafetería de la Universidad Politécnica Salesiana se pudo observar que existe un manejo inadecuado de la misma. A pesar de disponer de una trampa de grasa bajo el lavadero de la cocina, ésta no cumple con una significativa retención de los contaminantes encontrados en el agua.
- ✓ Mediante la caracterización físico química del agua residual de la cafetería se ha podido conocer cuantitativamente los valores de los parámetros analizados y con ellos poder determinar cuales se encuentran excedidos en relación a los límites permisibles para descargas líquidas sobre el sistema de alcantarillado indicados en la Ordenanza N°213 del DMQ.
- ✓ Al tener conocimiento de los contaminantes en exceso del agua residual proveniente de la cafetería, es posible considerar y proponer las alternativas de tratamientos físicos, químicos y biológicos más adecuados y sencillos de aplicar para mitigar en parte estos contaminantes.
- ✓ Posterior a la aplicación de los tratamientos propuestos, se pudo evaluar la calidad del agua residual caracterizándola físico químicamente, a través de lo cual se logró una reducción del 30 a 50% de la contaminación inicial del agua residual proveniente de la cafetería. El tratamiento aplicado para la reducción de sólidos sedimentables resultó efectivo para conseguir ajustar a la Norma el parámetro propuesto por la Ordenanza. Por el contrario, la metodología seguida para la reducción de los valores de aceites y grasas, DBO₅, DQO y sólidos suspendidos no resulta efectiva para alcanzar los valores propuestos en la Norma. Los valores de pH, temperatura y detergentes son adecuados *a priori* al tratamiento propuesto.

RECOMENDACIONES

- ✓ El presente proyecto puede servir como base para la ejecución e implementación de una planta de tratamiento de agua residual proveniente de la cafetería, incluso puede ser significativo para el diseño de un tratamiento de la descarga total de agua residual de la Universidad Politécnica Salesiana.

- ✓ Cabe señalar que los métodos de análisis físico químico deben ser validados previamente para una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos si se desea implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales a gran escala en la Universidad Politécnica Salesiana.

- ✓ Es importante considerar que para tratar un agua residual se debe conocer el origen del agua y los procesos por los que ésta pasa, para tener una idea más clara de cuáles son los tratamientos más adecuados para ese tipo de agua residual, y de esta manera conseguir resultados que se ajusten a lo previsto por la Ordenanza N°213 del DMQ.

LISTA DE REFERENCIAS

- Aguilar, M. (2002). *Tratamiento Físico - Químico de Aguas Residuales*. Murcia: Ecotmundo.
- Alasino, N. (2007). *Wastewater Treatment Plant Synthesis and Desing*. Amsterdam: Elsevier.
- APHA, AWWA, & WPCF. (1992). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Díaz de Santos.
- Arboleda, J. (2007). *Manual de Tratamientos de Aguas Residuales*. Bogota: Linius.
- Báez, J. (2008). *Ingeniería Ambiental, Sistema de Recolección y Evaluación de Aguas Residuales y Pluviales*. Mexico: Dante.
- Baird, C. (2005). *Manual de Referencia Ambiental*. Medellin: Sapiens.
- Contreras, A. (2006). *Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente*. Madrid: UNED.
- Corbitt, R. (2005). *Manual de Referencia de Ingeniería Ambiental*. Medellin: Sapiens.
- Davis, R. (2004). *Tratamientos de Aguas Residuales*. Mexico: Cengage Learning.
- Demey, D. (2001). *Validation and implementation of model based control strategies at an industrial wastewater treatment plant*. New York: TJ international.
- García, A. (2005). *Ingeniería Sanitaria: Una panorámica. Ingeniería de aguas residuales vertidos y reutilización*. Mexico: Árbol.
- Gómez, M. A. (2010). *Química del Agua*. Barcelona: Grao.

- Gordon, F. (2006). *Purificación de Aguas y Tratamiento*. Mexico: Limusa.
- Lata, K. (2004). *Conservation y Recycling of the enviroment*. Germany: Heidelberg.
- Lyonnaise, E. (2006). *El agua*. México: Dewey.
- Manahan, S. (2007). *Tratamiento de Aguas*. Mexico: Reverte.
- Marín, R. (2005). *Tratamiento y Control de Agua Residuales*. Madrid: Santos.
- Metcalf, E. (2003). *Ingeniería Sanitaria, tratamiento, evacuacion y reutilizacion de las aguas residuales*. Mexico: Labor.
- Milan, R. (2003). *Tratamientos de Aguas Industriales*. Madrid: CEM.
- Morales, G. (2004). *Calidad Y Alternativas del Tratamiento de Aguas*. Mexico: Granados.
- Municipio-DMQ. (Lunes 10 de Septiembre de 2007). Ordenanza Metropolitana N° 213. Quito, Pichincha, Ecuador: Lexis.
- Muñoz, A. (2005). *Depuración de Aguas Residuales*. Medellin: Paraninfo.
- Orozco, A. (2005). *Parámetros de la Calidad del Agua*. Medellin: Imprintmundo.
- Osorio, F. (2010). *Aguas Residuales*. Madrid: Albasanz.
- Prieto, C. J. (2004). *El Agua*. Bogotá: Ecoe.
- Raymond, D. (2002). *Tratamiento de Agua*. Madrid: EDIGRAFOS.
- Rittman, B. (2007). *Bioteología del Medio Ambiente*. Madrid: Mc - Graw - Hill.
- Rodriguez, M. (2005). *El Agua*. (P. d. Aguas, Trad.) Madrid: Efase.

- Roing, P. (2006). *Ingeniería Ambiental*. México: Prentice Hall.
- Romero, J. (2004). *Objetivos del Tratamiento de Aguas Residuales*. Bogota: Ceja.
- Sans, R. (2002). *Ingeniería Ambiental*. Bogota: Marcombo.
- Scragg, A. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Mexico: Reverte.
- Seoánez, C. (2000). *Aguas Residuales Urbanas*. Barcelona: Mundi Prensa.
- Spiro, T. (2004). *Contaminación del Agua y Procesos de Tratamiento*. Mexico: Cengage Learning.
- Stanley, E. (2007). *Introducción a la Química Ambiental*. Mexico: Reverte.
- Tebbutt, T. (2003). *El Agua en el Medio Ambiente, fundamentos en el control de la Calidad del Agua*. Mexico: Mexicali.

ANEXOS

Anexo 1. Parámetros mínimos por actividad

CIU	DESCRIPCIÓN	Q m ³ /d	pH	T °C	A&G mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	SSed ml/l	SST mg/l	Organo clorados	Organo fosforados	Metales Pesados	Otros
D1543	Fabricación de artículos de confitería	√	√	√	√	√	√	√	√				
D1549	Elaboración de productos alimenticios diversos	√	√	√	√	√	√	√	√				
D1533	Elaboración de piensos preparados	√	√	√	√	√	√	√	√		√		
D1553	Bebidas malteadas	√	√	√	√	√	√	√	√				
D1554	Industrias de bebidas no alcohólica y minerales	√	√	√	√	√	√	√	√				Sulfuros, Tensoactivos
D171	Hilado, tejido y acabados textiles	√	√	√	√	√	√	√	√			Cd, Cu, Cr ⁺⁶ Hg, Ni, Pb, Zn.	Tensoactivos Fenoles.
D1721	Fabricación de Artículos con materias Textiles, excepto Prendas de Vestir	√	√	√	√	√	√	√	√				Tensoactivos
D1820	Fabricación de productos de cuero	√	√	√	√	√	√	√	√			Cr ⁺⁶ .	Sulfuros.
D20	Industria de la madera y productos de la madera.	√	√	√	√	√	√	√	√				Otros en función de procesos, materia prima utilizadas y los compuestos químicos.

Fuente: Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito, 2007.

Anexo 2. Hoja de datos del muestreo

DATOS DEL CUENTE: Lugar: <i>Cocina Cafetería UPS</i> Día de monitoreo: <i>Mineral</i>		FECHA DE MONITOREO: <i>30/01/2013</i> CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA: <i>Agua Turbia, con abundante sólidos</i>									
DATOS DEL SITIO: Horas de trabajo: _____ Horas de descarga por día: _____ Días a la semana de descarga: _____											
DATOS DE LA MUESTRA Identificación del Punto de Muestreo: <i>Trampa de Grasa (Cafetería - Cocina)</i>											
Tipo de muestra: Compuesta <input checked="" type="checkbox"/> Puntual <input type="checkbox"/>		Cuerpo Receptor Alcantarillado <input checked="" type="checkbox"/> Cauce de agua <input type="checkbox"/>									
Tipo de monitoreo: Semanal: <input type="checkbox"/> Mensual: <input type="checkbox"/> Trimestral: <input type="checkbox"/> Semestral: <input type="checkbox"/> Anual: <input type="checkbox"/> Especial: <input checked="" type="checkbox"/>		Código de muestra <i>AR-03</i>									
Coordenadas: <i>500° 12' 31.1"</i>		<i>W 078° 29' 15.7"</i>									
DATOS TOMA DE MUESTRA											
ALICUOTA	1	2	3	4	5	6	7	8			
Temperatura Ambiente (°C)	22.1	22.6	23.1	23.6	23.9						
Humedad Relativa(%)	47	49	49	55	44						
pH(UpH)	7	7	7	7	7						
Temperatura de la muestra (°C)	18	18	18	20	17						
Hora toma de muestra	10:15	11:20	12:20	13:25	14:30						
MEDICION DE CAUDAL				1	2	3	4	5	6	7	8
Volumen (mL)		1500L									
Tiempo(s)		5600									
Piscinas	largo(Cm)	47									
	Ancho (Cm)	23									
	Profundidad (Cm)	23									
PRESERVACION DE LA MUESTRA											
Volumen (Ml)	# Envase	Tipo de Envase	Parámetros de Análisis			Preservante	TRC de Transporte				
125	1	VA	DBO			Hielo	4°C				
500	1	VA	DBO			Hielo	4°C				
1000	1	VA	Nitrógeno			Hielo	4°C				
300	1	VA	AgG			Hielo	4°C				
100	1	↑	S. Suspendidos			Hielo	4°C				
CUSTODIA											
Técnico de Campo NOMBRE: <i>Boris Granja / Alexandra Tapia</i>											
FIRMA: <i>(Boris Granja) (Alexandra Tapia)</i>											

Elaborado por: Granja, Tapia 2013.

Anexo 3. Resultados de DBO₅



CONTROL AMBIENTAL DE AGUAS Y RESIDUOS



ENSAYOS
N° OAE 12 20 05-001

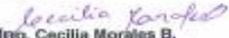
INFORME DE ENSAYOS No. 15318-01

NOMBRE DEL CLIENTE: ALEXANDRA TAPIA
DIRECCION: SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
Código de muestra: CAFETERIA
FECHA DE RECEPCION: 31 de enero del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 31 de enero del 2013 al 7 de febrero del 2013
FECHA DE EMISION: 8 de febrero del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEGANNCY03	mg/l	3.0	242

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incetidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 3800	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:
 - Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
 - L: resultado del análisis
 - El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
 - Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 4. Resultado de DBO₅



CONTROL AMBIENTAL DE AGUAS Y RESIDUOS



ENSAYOS
N° OAE 12 20 05-001

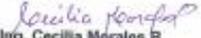
INFORME DE ENSAYOS No. 15334-01

NOMBRE DEL CLIENTE: ALEXANDRA TAPIA
DIRECCION: SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
Código de Muestra: CAFETERIA
FECHA DE RECEPCION: 4 de febrero del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 4 de febrero del 2013 al 14 de febrero del 2013
FECHA DE EMISION: 14 de febrero del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEGANNCY03	mg/l	3.0	672

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incetidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 3800	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE ANNCY

NOTA:
 - Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
 - L: resultado del análisis
 - El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
 - Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 5. Resultado de DBO₅



CONTROL AMBIENTAL DE AGUAS Y SUELOS



ENSAYOS
N° OAE 12 20 05-003

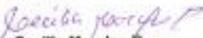
INFORME DE ENSAYOS No. 15423-01

NOMBRE DEL CLIENTE: ALEXANDRA TAPIA
DIRECCION: SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
 Código de Muestra: CAFETERIA 3
FECHA DE RECEPCION: 22 de febrero del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 22 de febrero del 2013 al 27 de febrero del 2013
FECHA DE EMISION: 1 de marzo del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEE/ANNCY23	mg/l	3.0	600

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 2000	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE LABANNCY CIA. LTDA.

NOTA:
 - Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
 - L: resultado del análisis
 - El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
 - Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 6. Resultado de DBO₅



CONTROL AMBIENTAL DE AGUAS Y SUELOS



ENSAYOS
N° OAE 12 20 05-002

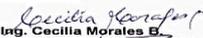
INFORME DE ENSAYOS No. 15548-02

NOMBRE DEL CLIENTE: ALEXANDRA TAPIA
DIRECCION: SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
 Código de muestra: M2 - 03/03/2013
FECHA DE RECEPCION: 13 de marzo del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 13 de marzo del 2013 al 25 de marzo del 2013
FECHA DE EMISION: 25 de marzo del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEE/ANNCY23	mg/l	3.0	502

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incertidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 2000	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE LABANNCY CIA. LTDA.

NOTA:
 - Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
 - L: resultado del análisis
 - El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
 - Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 7. Resultado de DBO₅



CONTROL AMBIENTAL DE AGUAS Y SUELOS

INFORME DE ENSAYOS No. 15548-02



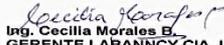
ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-002

NOMBRE DEL CLIENTE: ALEXANDRA TAPIA
DIRECCION: SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
Código de muestra: M2 - 03/03/2013
FECHA DE RECEPCION: 13 de marzo del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 13 de marzo del 2013 al 25 de marzo del 2013
FECHA DE EMISION: 25 de marzo del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEE/ANNCY/23	mg/l	3.0	502

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incetidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 2800	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE LABANNCY CIA. LTDA.

NOTA:
 - Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
 - L: resultado del análisis
 - El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
 - Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 8. Resultado de DBO₅



CONTROL AMBIENTAL DE AGUAS Y SUELOS

INFORME DE ENSAYOS No. 15902-01



ENSAYOS
N° OAE LE 2C 05-002

NOMBRE DEL CLIENTE: ALEXANDRA TAPIA
DIRECCION: SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
DESCRIPCION DE LA MUESTRA: Agua Residual
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: (Referencia dada por el Cliente)
Código de Muestra: Muestra Cruda
FECHA DE RECEPCION: 27 de mayo del 2013
FECHA DE ANALISIS: Del 27 de mayo del 2013 al 3 de junio del 2013
FECHA DE EMISION: 4 de junio del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEE/ANNCY/23	mg/l	3.0	2548
Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D - PEE/ANNCY/23	mg/l	30	5846

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incetidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 2800	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%
Demanda Química de Oxígeno	30 - 6806	L ± 20% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE LABANNCY CIA. LTDA.

NOTA:
 - Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
 - L: resultado del análisis
 - El Informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
 - Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 9. Resultado de DBO₅



INFORME DE ENSAYOS No. 15902-02



NOMBRE DEL CLIENTE:
DIRECCION:
DESCRIPCION DE LA MUESTRA:
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:
 Código de Muestra: Muestra Tratada
FECHA DE RECEPCION:
FECHA DE ANALISIS:
FECHA DE EMISION:

ALEXANDRA TAPIA
 SOLANDA SECTOR 2 CALLE FRANCISCO RUEDA
 Agua Residual
 (Referencia dada por el Cliente)
 27 de mayo del 2013
 Del 27 de mayo del 2013 al 3 de junio del 2013
 4 de junio del 2013

Ensayo	Métodos Referencia - Laboratorio	Unidades	Límite de Cuantificación	Resultado
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	APHA 5210 D - PEE/ANNKY/23	mg/l	3.0	891
Demanda Química de Oxígeno	APHA 5220 D - PEE/ANNKY/03	mg/l	30	2046

VALORES DE INCERTIDUMBRE DE USO DE ENSAYOS ACREDITADOS POR EL OAE

Ensayo	Rango	Incetidumbre
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	3.0 - 2800	L ± 30% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%
Demanda Química de Oxígeno	30 - 6000	L ± 20% mg/l K=2, nivel confianza 95.45%

Atentamente,

Cecilia Morales B.
Ing. Cecilia Morales B.
GERENTE LABANNKY CIA. LTDA.

NOTA:

- Los Ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE
- L: resultado del análisis
- El informe sólo afecta a las muestras sometidas a ensayo
- Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

Página 1 de 1

Elaborado por: Laboratorio Anncy, 2013.

Anexo 10. Límites máximos permisibles

TABLA A. 1: Límites máximos permisibles por cuerpo receptor

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Aceites y grasas	A y G	mg/l	100	50
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Arsénico total	As	Mg/l	0,1	0,1
Cadmio	Cd	Mg/l	0,02	0,02
Caudal máximo	-	l/s	1,5 veces el caudal (1)	4,5 dato referencial.
Cianuro	CN ⁻	Mg/l	1,0	0,1
Cobre	Cu	Mg/l	1,0	1,0
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	Mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	Mg/l	0,2	0,2
Fósforo Total	P	Mg/l	15	10
Hidrocarburos Totales	TPH	Mg/l	20	20
Materia flotante	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Manganeso	Mn	Mg/l	10,0	2,0
Mercurio (total)	Hg	Mg/l	0,01	0,005
Níquel	Ni	Mg/l	2,0	2,0
Organoclorados totales	Concentración	Mg/l	0,05	0,05
Organofosforados totales	Concentración	Mg/l	0,1	0,1
Plomo	Pb	Mg/l	0,5	0,2
Potencial de hidrógeno	PH		5-9	5-9
Sólidos Sedimentables	-	MI/l	10	1,0
Sulfuros	S	Mg/l	1,0	0,5
Sulfatos	SO ₄	Mg/l	400	1000
Temperatura	-	°C	< 40	< 35
Tensoactivos	MBAS (2)	Mg/l	0,5	0,5
Zinc	Zn	Mg/l	2,0	2,0

PARAMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE		
			Junio 2006 a Mayo 2008	Junio 2008 a Mayo 2010	Junio 2010
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (5 DÍAS)	D.B.O ₅	mg/l	172(A) 122 (C)	146(A) 96 (C)	120(A) 70 (C)
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	D.Q.O	mg/l	344(A) 214 (C)	292(A) 168 (C)	240(A) 123 (C)
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	SS	mg/l	137(A) 92 (C)	116(A) 72 (C)	95(A) 53 (C)
CAUDAL	Q	l/s	4,5 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a

Fuente: Ordenanza del Distrito Metropolitano de Quito, 2007

Anexo 11. Carta de autorización

Quito 22 de Enero del 2013

Autorización:

Yo Cecilia Terán Guerrero gerente general de la Cafetería Cofee Corner ubicada en la Universidad Politécnica Salesiana autorizo a María Belén Granja Paredes y a Silvia Alexandra Tapia a que realice la mediciones *in situ* y toma de muestra en el lavabo de la cafetería.

Atentamente



Cecilia Terán Guerrero

Firma

Elaborado por: Gerente general cafetería, 2013.