



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE
PRODUCCIÓN LA MADRILEÑA DE LATACUNGA”**

Tesis de grado previa a la obtención del título de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: CARLOS WALTER VILLARROEL SCOTLAND

TUTOR: ING. MARIO VILLACRÉS

Riobamba-Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser la luz que ilumino mi camino para culminar esta etapa importante en mi vida.

A mis padres por ser le inspiración y pilar fundamental en buenos y malos momentos y por su apoyo incondicional en la toma de decisiones importantes que me ayudaron a ser la persona que soy.

A mis hermanas y sobrinos por darme paz y tranquilidad en momentos de angustia y pesimismo ofreciéndome una sonrisa de aliento para alegrar mi vida.

A mi Esposa la Ing. Diana González por ser ese pilar y apoyo fundamental para poder dar este gran paso en mi vida.

A esas personas con la que compartí muchos momentos y que en situaciones difíciles extendieron su mano para darme apoyo y juntos salir adelante, a ellos que son como hermanos Diego Mestanza y Ángel Gracia.

De igual manera a mi director de tesis el Ing. Mario Villacrés y a mi asesor de tesis el Ing. Marco Chuiza.

Por último, a todas aquellas personas que de alguna forma han influido para dar este gran paso.

GRACIAS

DEDICATORIA

Todo este logro va dedicado especialmente a mi MADRE MARTHA LEONOR SCOTLAND OBREGÓN, que fue la precursora para que pudiera dar este gran paso, aunque no pudo gozar de este logro junto a mi yo sé que donde se encuentre está muy orgullosa TE QUIERO MUCHO MADRE QUERIDA, a mi padre CARLOS WALTER VILLARROEL RIVADENEIRA, a todas mis hermanas y sobrinos, a mi esposa DIANA GONZALEZ y a mis hijas LEONEYRA JULIETH VILLARROEL GONZALEZ Y FRANCESCA AMELÍ VILLARROEL GONZALEZ, todo este logro es por y para ustedes.

CARLOS

HOJA DE FIRMAS

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de investigación “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA PLANTA DE PRODUCCIÓN LA MADRILEÑA DE LATACUNGA**”, de responsabilidad de Carlos Walter Villarroel Scotland ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dra. Nanci Veloz DECANA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
Ing. Marcelo Ramos DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
Ing. Mario Villacrés DIRECTOR DE TESIS
Ing. Marco Chuiza ASESOR DE TESIS
COORDINADOR SISBIB ESPOCH
NOTA DE LA TESIS ESCRITA	

HOJA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Carlos Walter Villarroel Scotland, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

CARLOS WALTER VILLARROEL SCOTLAND

TABLA DE CONTENIDO

		PÁGINA
1	MARCO TEÓRICO	1
1.1	Agua	1
1.1.1	<i>Tipos de aguas</i>	1
1.1.2	<i>Principales características del agua</i>	3
1.1.2.1	<i>Características físicas del agua</i>	3
1.1.2.1	<i>Características químicas del agua</i>	4
1.1.3	<i>Calidad del agua</i>	6
1.1.4	<i>Contaminación del agua</i>	7
1.1.4.1	<i>Substancias contaminantes del agua</i>	7
1.1.5	<i>Análisis del agua en el laboratorio</i>	9
1.1.5.1	<i>Análisis microbiológico</i>	9
1.1.5.2	<i>Análisis físico-químicos</i>	9
1.1.6	<i>Aspectos que se deben considerar en los procesos de purificación</i>	13
1.1.7	<i>Tratamiento de aguas residuales</i>	13
1.1.7.1	<i>Tratamiento primario</i>	14
1.1.7.2	<i>Tratamiento secundario</i>	16
1.1.7.3	<i>Tratamiento terciario</i>	18
1.2	<i>Información general de la planta de embutidos La Madrileña</i>	22
1.2.1	<i>Potenciales impactos ambientales</i>	22
1.2.1.1	<i>Contaminación del agua</i>	23

1.2.1.2	<i>Emisiones al aire</i>	23
1.2.1.3	<i>Desechos sólidos</i>	23
1.2.1.4	<i>Alteraciones en la flora y fauna</i>	24
1.2.1.5	<i>Efectos de la grasa en el ambiente</i>	24
1.2.1.6	<i>Mal aprovechamiento del suelo</i>	24
2	PARTE EXPERIMENTAL	25
2.1	Muestreo	25
2.2	Metodología	25
2.2.1	<i>Métodos y técnicas</i>	25
2.2.1.1	<i>Métodos</i>	25
2.2.1.2	<i>Técnicas</i>	28
2.2.1.2.1	<i>Aceites y grasas</i>	28
2.2.1.2.2	<i>Coliformes fecales</i>	29
2.2.1.2.3	<i>Demanda bioquímica de oxígeno</i>	30
2.2.1.2.4	<i>Demanda química de oxígeno</i>	31
2.2.1.2.5	<i>Nitritos y nitratos</i>	32
2.2.1.2.6	<i>Potencial de hidrógeno</i>	32
2.2.1.2.7	<i>Sólidos sedimentables</i>	33
2.2.1.2.8	<i>Sólidos suspendidos</i>	34
2.2.1.2.9	<i>Sólidos totales</i>	35
2.2.1.2.10	<i>Sulfatos</i>	36
2.2.1.2.11	<i>Tensoactivos</i>	37

2.2.1.2.12	<i>Nitrógeno total</i>	38
2.3	<i>Datos experimentales</i>	39
2.3.1	<i>Diagnóstico</i>	39
2.3.2	<i>Datos</i>	40
2.3.2.1	<i>Caracterización del agua</i>	40
2.4	<i>Datos adicionales</i>	46
2.4.1	<i>Selección del tratamiento para el agua residual</i>	46
3	LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	47
3.1	Cálculos. Diseño de ingeniería	47
3.1.1	<i>Cálculo del caudal</i>	47
3.1.1.1	<i>Determinación de la velocidad del agua</i>	47
3.1.1.2	<i>Determinación del área de la tubería de vertido</i>	48
3.1.1.3	<i>Determinación del caudal</i>	48
3.1.1.4	<i>Determinación del caudal de diseño</i>	48
3.1.2	<i>Diseño del homogenizador</i>	49
3.1.2.1	<i>Cálculo del área del homogenizador</i>	49
3.1.2.2	<i>Cálculo del diámetro del homogenizador</i>	50
3.1.2.3	<i>Cálculo del volumen del homogenizador</i>	50
3.1.2.4	<i>Cálculo de la potencia de las paletas del homogenizador</i>	50
3.1.2.5	<i>Cálculo del diámetro de la hélice del homogenizador</i>	51
3.1.3	<i>Diseño del sedimentador</i>	52
3.1.3.1	<i>Cálculo del área del sedimentador</i>	52

3.1.3.2	<i>Cálculo del volumen del sedimentador</i>	53
3.1.3.3	<i>Cálculo del tiempo de retención</i>	53
3.1.3.4	<i>Cálculo de la velocidad de arrastre</i>	54
3.1.4	<i>Diseño del sistema de filtración</i>	55
3.1.4.1	<i>Cálculo del área total de filtración</i>	55
3.1.4.2	<i>Cálculo del área de cada filtro</i>	56
3.1.5	<i>Diseño del tanque de desinfección</i>	56
3.1.6	<i>Dosificación de reactivos</i>	57
3.1.6.1	<i>Dosificación del floculante</i>	57
3.1.6.2	<i>Dosificación de cloro</i>	58
3.2	<i>Presupuesto real</i>	58
3.2.1	<i>Costo general</i>	58
3.2.1.1	<i>Costo total</i>	58
3.2.2	<i>Costo de reactivos</i>	59
3.3	<i>Resultados</i>	59
3.3.1	<i>Datos técnicos para la construcción de la planta de tratamiento</i>	59
3.4	<i>Análisis físico-químico del agua tratada</i>	60
3.5	<i>Eficiencia de la planta de tratamiento</i>	61
3.6	<i>Propuesta</i>	62
3.7	<i>Discusión de resultados</i>	63
3.7.1	<i>Prueba de funcionamiento y operación de la planta de tratamiento</i>	63
3.7.2	<i>Eficiencia de la planta de tratamiento</i>	64

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
4.1	Conclusión	66
4.2	<i>Recomendaciones</i>	67

SIMBOLOGÍA

L =	Longitud
t =	Tiempo
v =	velocidad
V =	Volumen
A =	Área
Q =	Caudal
Q _d =	Caudal de diseño
FC =	Factor de corrección
h =	Altura
∅ _h =	Diámetro del homogenizador
P =	Potencia disipada
γ =	Peso específico del agua
h _e =	Pérdida de energía
∅ _r =	Diámetro del rodete
∅ _h =	Diámetro del homogenizador
A _s =	Área del sedimentador
CS =	Carga superficial

$V_s =$	Volumen del sedimentador
$h_s =$	Altura del sedimentador
$T_r =$	Tiempo de retención
$V_h =$	Velocidad horizontal
$k =$	Constante que depende del tipo de material arrastrado
$s =$	Peso específico de las partículas
$g =$	Aceleración de la gravedad
$f =$	Factor de fricción de Dary – Weisbach
$V_h =$	Velocidad horizontal mínima a la cual inicia el arrastre de partículas
$V_{ho} =$	Velocidad horizontal
$A_T =$	Área total de filtración
$t_{mf} =$	tasa media de filtración
$A_f =$	Área de cada filtro
$N =$	Número de filtros
$A_d =$	Área del tanque de desinfección
$R_i =$	Resultado antes del tratamiento
$R_f =$	Resultado después del tratamiento

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
1.1.3-1	Calidad microbiológica del agua	6
2.1.1-1	Recolección de muestras	25
2.1.1.1-1	Indicadores del agua residual y los métodos empleados para su obtención	26
2.2.1.2.1-1	Determinación de aceites y grasas según el método 5530-C	28
2.2.1.2.2-1	Determinación de coliformes fecales según la Norma INEN 1108	29
2.2.1.2.3-1	Determinación de la DBO según el Método 5210-B	30
2.2.1.2.4-1	Determinación de la DQO según el Método 5220-C	31
2.2.1.2.5-1	Determinación de los nitritos y nitratos según el Método HACH	32
2.2.1.2.6-1	Determinación del potencial de hidrógeno según el Método 4500-B	32
2.2.1.2.7-1	Determinación de los sólidos sedimentables según el Método 2540-F	33
2.2.1.2.8-1	Determinación de los sólidos suspendidos según el Método 2540-D	34
2.2.1.2.9-1	Determinación de los sólidos totales según el Método 2540-B	35
2.2.1.2.10-1	Determinación de sulfatos	36
2.2.1.2.11-1	Determinación de tensoactivos según el Método 5530-C	37

2.2.1.2.12-1	Determinación de nitrógeno total según el Método 4500-N-A	38
2.3.2.1-1	Análisis físico-químico y microbiológico semana 1.....	40
2.3.2.1-2	Análisis físico-químico y microbiológico semana 2.....	41
2.3.2.1-3	Análisis físico-químico y microbiológico semana 3.....	42
2.3.2.1-4	Análisis físico-químico y microbiológico semana 4.....	43
2.3.2.1-5	Análisis físico-químico y microbiológico considerados para el Tratamiento del agua residual.....	45
3.1.1.1-1	Datos para el cálculo de la velocidad del agua residual.....	47
3.1.3.1-1	Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones	52
3.1.6.1-1	Prueba de jarras.....	57
3.2.1-1	Costo general de la planta de tratamiento.....	58
3.2.2-1	Costo de Reactivos para un Tanque.....	59
3.4-1	Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada.....	60
3.5-1	Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS		PÁGINA
1.1-1	Agua	1
1.1.7.3-1	Esquema de una depuración por lagunaje.....	19
2.4.1-1	Proceso planteado para el tratamiento del agua residual.....	46
3.1.6-1	Turbidez.....	57
3.7.2-1	Coliformes fecales.....	65
3.7.2-2	Nitrógeno total.....	65
3.7.2-3	Sólidos sedimentables.....	65
3.7.2-4	Sólidos totales	65

LISTA DE ANEXOS

ANEXO I	Resultados del Análisis Físico-Químico del agua residual semana 1
ANEXO II	Resultados del Análisis Físico-Químico del agua residual semana 2
ANEXO III	Resultados del Análisis Físico-Químico del agua residual semana 3
ANEXO IV	Resultados del Análisis Físico-Químico del agua residual semana 4
ANEXO V	Resultados del Análisis Físico-Químico del agua tratada

LISTA DE FOTOS

FOTO I	Homogenizador
FOTO II	Sedimentador
FOTO III	Filtros
FOTO IV	Tanque de desinfección

RESUMEN

Se diseñó y construyó una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la empresa de producción “La Madrileña de Latacunga” para dar tratamiento a las aguas generadas durante el proceso productivo antes de ser descargadas al río Cutuchi. Se realizó el análisis físico-químico y microbiológico del agua residual en el laboratorio CESTTA, obteniendo datos de varios parámetros que revelaron la calidad del agua residual que se genera en la planta y en función de los cuales se procedió a realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento de la planta de tratamiento. Tomando a los datos como referencia se seleccionó el tipo de tratamiento para el efluente, el mismo que consta de varias operaciones como son: un tanque homogenizador en el cual se añade Sulfato de Aluminio $Al_3(SO_4)$ para flocular la materia residual presente en el agua y poder separarla fácilmente de la misma, un tanque sedimentador en el cual el agua floculada se decanta por acción de la gravedad y las grasas y aceites son retenidas en placas posicionadas en el interior del tanque, 2 filtros de grava, antracita y carbón activado donde se retiene olores y las partículas que no fueron retenidas en el proceso anterior y un tanque de desinfección en el cual se añade cloro para eliminar microorganismos. La planta de tratamiento fue sometido a una prueba antes del arranque definitivo para determinar su eficiencia, una vez tratada el agua residual se realizó la caracterización de la misma y se logró establecer la calidad del agua dentro de los parámetros requeridos por las TULAS, al comparar estos valores con los obtenidos inicialmente se evidenció que la planta de tratamiento construida tiene una eficiencia promedio del 78,9%. Se concluye de los análisis realizados del agua ya tratada y a la eficiencia obtenida, que la planta de tratamiento fue diseñada apropiadamente, logrando cumplir con el objetivo planteado, que es descargar al río Cutuchi el agua tratada y así evitar la contaminación de este, impidiendo la degradación del ecosistema y cumpliendo con los parámetros de la ley ambiental.

Palabras Clave

<EFLUENTE> <TRATAMIENTO> <ANÁLISIS DE AGUA> <HOMOGENIZADOR>
<SEDIMENTADOR> <FILTRACIÓN> <DESINFECCIÓN> <FLOCULANTE> <LA
MADRILEÑA> <LATACUNGA [CIUDAD]>

SUMMARY

A Wastewater Treatment Plant for the production Company “La Madrileña de Latacunga” was designed and built to give treatment to the wastewater generated during the production process before being discharged into the Cutuchi River.

Physical – chemical and microbiological analysis were conducted to wastewater performed in the CESSTA laboratory, obtaining data of various that revealed the quality of wastewater generated in the plant and according to which it was proceeded to perform engineering calculations for sizing the treatment plant.

Taking as reference the data obtained we selected the type of treatment for the effluent, the same consisting of various operations such as: a homogenizer tank in which Aluminum Sulfate $Al_3(SO_4)$ is added to flocculate the residual matter in the water and to be easily separated, a setting tank in which the flocculated water is decanted by gravity and fats and oils are retained in positioned plates inside the tank, 2 gravel filter, anthracite and activated charcoal where odors and particles that were not retained in the above process are finally retained and a disinfecting tank in which chlorine is added to kill microorganisms.

The treatment plant was subjected to a test before final start to determine its efficiency, once wastewater was treated characterization of it was performed and managed to establish water quality within the parameters required by UTSEL (TULAS). When comparing these values with those obtained initially it was demonstrated that treatment plant built has an average efficiency of 78,9%.

It is concluded, from the performed analysis of treated water and the efficiency obtained, that the treatment plant was designed properly, achieving meet the stated objective, which is to discharge to Cutuchi River treated water to avoid pollution of this, preventing ecosystem degradation and in compliance with the parameters of the environmental laws.

INTRODUCCIÓN

El agua es un líquido vital para la supervivencia del planeta, sin embargo ésta se ha visto cada vez más contaminada con el crecimiento de la industria ya que en la mayoría de los casos el agua es fundamental para los procesos productivos lo que ocasiona que se genere grandes cantidades de agua residual que posteriormente es enviada a la naturaleza causando un problema grave de contaminación a los ríos que es generalmente en donde se descarga este tipo de agua, afectando también a la población de los alrededores.

Existen diferentes tratamientos para el agua residual que mejoran su calidad antes de ser devueltas al ambiente, estos tratamientos son elegidos y aplicados en base a los análisis físicos, químicos y microbiológicos que se realizan con la finalidad de conocer cuál es el tipo de agua que se va a tratar y cuáles son los parámetros que se deben modificar para convertir el agua residual en una agua apta para ser descargada a los efluentes o incluso apta para el consumo humano.

Las aguas residuales que son tratadas generalmente pasan por una serie de procesos desde un pre-tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario o biológico hasta un tratamiento terciario o de desinfección, según sea la necesidad de disminuir la contaminación.

ANTECEDENTES

La ciudad de Latacunga cuenta con varias industrias entre ellas la Planta de Producción de Embutidos “La Madrileña de Latacunga” la cual es una empresa artesanal que desarrolla sus actividades productivas desde hace ya varios años.

La gerencia de la planta es muy consciente de que durante el proceso de producción se genera una gran cantidad de agua residual que es enviada directamente al río sin un tratamiento previo que evite la contaminación del ambiente, pero lastimosamente, antes no se contaba con los recursos necesarios para construir una planta de tratamiento de aguas residuales razón por la cual no se puso el debido interés en ella.

Actualmente ya se dispone de los recursos necesarios para construir la planta de tratamiento de agua residual, razón por la cual se desarrolla este tema de tesis con la finalidad de garantizar la calidad del agua que se está enviando día a día hacia el río.

JUSTIFICACIÓN

El crecimiento industrial en nuestro país y en el mundo ha sido uno de los mayores problemas para la contaminación del agua, así como la falta de conciencia por parte del sector industrial que por no ver afectados sus intereses económicos se han despreocupado de cuidar el ambiente.

Esencialmente la empresa de producción de embutidos “La Madrileña de Latacunga” utiliza una gran cantidad de agua en su proceso de producción, la misma que está siendo enviada directamente al río sin ser expuesta a ningún tratamiento previo que garantice la calidad de la misma.

Los análisis realizados a este tipo de agua residual indican que no cumple con los parámetros requeridos por el TULAS para poder descargar el agua al río sin el temor de contaminarlo, por esta razón se desarrolla el presente tema de tesis con la finalidad de garantizar a través de procesos y operaciones unitarias la calidad del agua, que sea agradable a los sentidos desde el punto de vista organoléptico, químicamente que no contenga sustancias tóxicas y bacteriológicamente que no contenga microorganismos que afecten a la salud.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales en la planta de producción La Madrileña de Latacunga.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar las pruebas de caracterización del agua residual.
- ✓ Realizar los cálculos ingenieriles y dimensionamiento de los equipos de proceso para la planta de tratamiento.
- ✓ Elaborar el requerimiento presupuestario previo a la implementación de la planta.
- ✓ Poner en marcha la nueva planta de tratamiento de agua en la empresa La Madrileña.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 AGUA



Figura 1.1-1 Agua

Fuente: Romero, J. Calidad del agua 2006

El uso benéfico más importante del agua es el del consumo humano por lo que debe ser de calidad y tener el grado máximo de protección sanitaria, es por ello que debe ser tratada.

Cada país regula la calidad del agua de consumo humano estableciendo y exigiendo el cumplimiento de normas de calidad de agua segura o potable. Además a través de las entidades del manejo del recurso se debe establecer los mecanismos necesarios para proteger la fuente de agua de cualquier emergencia eventual.

1.1.1 TIPOS DE AGUAS

Agua Potable. Agua que puede ser consumida por personas y animales sin riesgo de contraer enfermedades.

Agua salada. Agua en la que la concentración de sales es relativamente alta (más de 10000mg/l).

Agua salobre. Agua que contiene sal en una proporción significativamente menor que el agua marina. La concentración del total de sales disueltas está generalmente comprendida entre 1000 - 10 000 mg/l. Este tipo de agua no está contenida entre las categorías de agua salada y agua dulce.

Agua dulce. Agua natural con una baja concentración de sales, o generalmente considerada adecuada, previo tratamiento, para producir agua potable.

Agua dura. Agua que contiene un gran número de iones positivos. La dureza está determinada por el número de átomos de calcio y magnesio presentes. El jabón generalmente se disuelve malamente en las aguas duras.

Agua blanda. Agua sin dureza significativa.

Aguas negras. Agua de abastecimiento de una comunidad después de haber sido contaminada por diversos usos. Puede ser una combinación de residuos, líquidos o en suspensión, de tipo doméstico, municipal e industrial, junto con las aguas subterráneas, superficiales y de lluvia que puedan estar presentes.

Aguas grises. Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

Aguas residuales. Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

Aguas residuales municipales. Residuos líquidos, originados por una comunidad, formados posiblemente aguas residuales domésticas o descargas industriales.

Agua bruta. Agua que no ha recibido tratamiento de ningún tipo, o agua que entra en una planta para su ulterior tratamiento.

Aguas muertas. Aguas en estado de escasa o nula circulación, generalmente con déficit de oxígeno.

Aguas neutras. Compone su formación una alta concentración de sulfatos y cloruros que no alteran sensiblemente el valor de pH.

Aguas alcalinas. Son aquellas que tienen importantes cantidades de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio las que proporcionan al agua reacción alcalina elevando el valor del pH.

1.1.2 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA

Turbidez. Se entiende por turbidez o turbiedad la falta de transparencia del agua debida a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el líquido más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez.

La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua, cuanto más turbia, menor será su calidad.

Color. Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y magnesio coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, raíces, madera, etc., en diferentes estados de descomposición y la presencia de taninos, ácido húmico y algunos residuos industriales. El color natural existe principalmente por efectos de partículas coloidales cargadas negativamente debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una solución de iones metálicos trivalentes metálicos como el aluminio y el hierro.

Olor y sabor. Los olores y sabores con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua entre las más comunes se encuentran materias orgánicas en solución, H₂S, NaCl, sulfato de sodio y magnesio, hierro y magnesio, fenoles, aceites, productos de cloro, diferentes especies de algas, hongos, etc.

La determinación del olor y sabor del agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por el consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en algunos casos la fuente de una posible contaminación. Los olores son más fuertes a altas temperaturas. El ensayo del sabor sólo debe hacerse con muestras seguras para el consumo humano.

Temperatura. La temperatura de una masa de agua depende sobre todo de la luz solar que incide sobre ella, ya que parte de la energía luminosa se transforma en calor. En un lago o embalse, la temperatura varía con la época del año y la profundidad, siendo mayor en la superficie y menor en el fondo, por lo general. En verano, disminuye conforme descendemos desde las capas superficiales a las más profundas, donde puede llegar a ser bastante fría.

Los organismos tienen su rango de temperatura óptima, fuera del cual, sus ritmos vitales se desajustan. Por el contrario cuando la temperatura está en torno al valor preferido por cada especie, se producen los mayores crecimientos y engordes, y si es en la época adecuada, se podrá llevar a cabo la reproducción, proceso para el cual necesitan estar muy bien de salud.

La temperatura del agua afecta a la concentración de oxígeno disuelto a través de dos vías: su solubilidad y a través de su efecto sobre los microorganismos. Las altas temperaturas aceleran el metabolismo (la actividad) de las bacterias descomponedoras, hongos, protozoos, algas, etc., que proliferan en el agua y sobre todo en los sedimentos. Estos microorganismos obtienen energía y nutrientes oxidando la materia orgánica, sean restos animales o vegetales cualesquiera. Esto produce un fuerte incremento en el consumo de oxígeno por parte de estos organismos, que poseen ciclos generacionales muy rápidos. Si las altas temperaturas persisten y el contenido en materia orgánica es elevado, como ocurre en masas de agua, en las que se producen vertidos de aguas residuales, todo el oxígeno del agua puede ser consumido, dando lugar a un estado de anoxia en el medio acuático, con un resultado fatal para los peces. Llegados a este punto solo podrían sobrevivir bacterias anaerobias (estrictas o facultativas).

Sólidos. Se clasifica toda la materia, excepto toda el agua contenida en los materiales líquidos, como materia sólida. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad de material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde agua potable hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

Conductividad. La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de los iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por esta razón, el valor de la conductividad se usa mucho en los análisis de aguas para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

1.1.2.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA

Alcalinidad. La basicidad o alcalinidad es la capacidad ácido neutralizante de una sustancia química en solución acuosa. Esta alcalinidad de una sustancia se expresa en equivalentes de base por litro o en su equivalente de carbonato cálcico.

Debido a que la alcalinidad de la mayoría de las aguas naturales está compuesta casi íntegramente de iones de bicarbonato y de carbonato, las determinaciones de alcalinidad pueden dar estimaciones exactas de las concentraciones de estos iones.

La alcalinidad es la medida de la capacidad tampón de una disolución acuosa, o lo que es lo mismo, la capacidad de ésta para mantener su pH estable frente a la adición de un ácido o una base.

Acidez. La acidez de un agua puede definirse como la capacidad para neutralizar bases, para reaccionar con iones hidróxido, para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias ácidas. Las aguas excesivamente ácidas atacan los dientes.

La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas ácidas, así como el costo que suponen la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión.

El factor de corrosión en la mayor parte de las aguas es el CO₂ especialmente cuando está acompañado de oxígeno pero en residuos industriales es la acidez mineral. El contenido de CO₂ es también un factor fundamental para la estimación de la dosis de cal soda en el ablandamiento de aguas duras.

Dureza. En química, se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales de cationes polivalentes (principalmente divalentes y específicamente los alcalinotérreos) que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. Son éstas las causantes de la dureza del agua y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales de esos metales alcalinotérreos.

Se expresa normalmente como cantidad equivalente de carbonato de calcio (aunque propiamente esta sal no se encuentre en el agua) y se calcula, genéricamente, a partir de la suma de las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; que puede ser expresado en concentraciones de CaCO₃. Es decir:

$$\text{Dureza (mg/l de CaCO}_3\text{)} = 2,50 [\text{Ca}^{++}] + 4,16 [\text{Mg}^{++}]$$

Los coeficientes se obtienen de las proporciones entre la masa molecular del CaCO₃ y las masas atómicas respectivas: 100/40 (para el Ca⁺⁺); y 100/24 (para el [Mg⁺⁺]).

1.1.3 CALIDAD DEL AGUA

Éste término es relativo a la composición del agua en la medida en que ésta es afectada por la concentración de sustancias ya sea tóxicas o producidas por procesos naturales.

De acuerdo con lo anterior, tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

Los límites tolerables de las diversas sustancias contenidas en el agua son normadas por la **Organización Mundial de la Salud (O.M.S.)**, la **Organización Panamericana de la Salud (O.P.S.)**, y por los gobiernos nacionales, pudiendo variar ligeramente de uno a otro.

Según la America Public Healt Association Standart Methods for the examination of water and wastewaters, desde el punto de vista sanitario se tiene la siguiente clasificación:

Tabla 1.1.3-1. Calidad microbiológica del agua

Calidad del Agua	Número de gérmenes/ml
Excesivamente pura	0 a 10
Muy pura	10 a 100
Pura	100 a 1000
Medianamente pura	1000 a 10000
Impura	10000 a 100000
Muy impura	Más de 100000

Fuente: Romero, J. Calidad del agua 2006

Realizado por: Carlos Villarroel

Para especificar la calidad del agua debe hacerse primero una evaluación sensorial ya que el sabor, olor y color pueden ser indicios de contaminación.

En el caso de agua de consumo humano, la mayoría de las quejas de los consumidores se relaciona con su color, sabor u olor, lo que determina en gran medida la aceptabilidad de un tipo de agua en particular.

La coloración con o sin partículas en suspensión, aparte de reflejar deficiencia en el tratamiento, en el caso del agua no tratada puede indicar que la fuente no es satisfactoria, señalando la presencia de

altas concentraciones de compuestos de hierro, aluminio o magnesio, o, una deficiencia de oxígeno disuelto o desarrollo microbiano excesivo.

1.1.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua es una modificación generalmente, provocada por el hombre, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural.

Si bien la contaminación de las aguas puede provenir de fuentes naturales (como por ejemplo la ceniza de un volcán) la mayor parte de la contaminación actual proviene de actividades humanas.

El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen antropogénico que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana.

1.1.4.1 SUBSTANCIAS CONTAMINANTES DEL AGUA

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar de muy diferentes maneras. Una posibilidad bastante usada es agruparlos en los siguientes ocho grupos:

- 1 *Microorganismos patógenos.*** Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tífus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños.

Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes

presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

- 2 *Desechos orgánicos.*** Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).
- 3 *Sustancias químicas inorgánicas.*** En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- 4 *Nutrientes vegetales inorgánicos.*** Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.
- 5 *Compuestos orgánicos.*** Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.
- 6 *Sedimentos y materiales suspendidos.*** Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.

7 *Sustancias radiactivas.* Isótopos radiactivos solubles pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.

8 *Contaminación térmica.* El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

1.1.5 ANÁLISIS DEL AGUA EN EL LABORATORIO

A nivel mundial, con el aumento tanto de la población como de las actividades de la industria, la calidad del agua se ha ido deteriorando y para llevar una vida saludable y plena, es necesario el consumo de agua potable. Para que el agua sea potable, esta debe estar libre de microorganismos patógenos así como contener un nivel aceptable de las sustancias y minerales que pueda contener.

Es importante analizar el agua que se consume con regularidad, aproximadamente de cada 4 a 6 meses, ya que con los análisis se puede saber si algún contaminante sobrepasa los límites máximos permitidos y así tomar las medidas correctivas necesarias con el fin de evitar los problemas que conlleva el consumo de agua no potable. A continuación se describen los dos tipos de análisis que generalmente se realizan en el laboratorio:

1.1.5.1 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Se determina tanto la presencia o ausencia de coliformes totales y fecales como el conteo mediante el número más probable en 100 mL de agua (NMP/100 mL). Este parámetro debe ser negativo para que la muestra de agua sea potable de lo contrario indica contaminación del agua.

1.1.5.2 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Se determinan los siguientes parámetros:

Alcalinidad Total. Se refiere a la capacidad del agua para neutralizar los ácidos, se determinan los mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3) presentes en la muestra a 615nm mediante espectrofotometría. Internacionalmente es aceptada una alcalinidad mínima de 20 mg/L de CaCO_3 ya que con una alcalinidad menor, el agua es propensa tanto a la acidificación como a la contaminación. El consumo de agua con alcalinidad elevada no es necesariamente perjudicial para el ser humano sin embargo, el agua tiene mal sabor y podría causar deshidratación. Además, el agua con una alcalinidad alta está relacionada con la dureza del agua, valores elevados del pH y exceso de sólidos disueltos.

Nitrato. Es una mezcla de nitrógeno y oxígeno (NO_3) cuyos niveles son reportados como mg/L de nitrato-nitrógeno ($\text{NO}_3\text{-N}$) medidos a 370nm mediante espectrofotometría. En una muestra de agua no se deben exceder los 10 mg/L de $\text{NO}_3\text{-N}$ ya que altos niveles pueden causar metahemoglobinemia (síndrome del bebé azul) en niños o afectar mujeres embarazadas luego de 30 semanas de embarazo, si el paciente no es tratado podría morir. Además puede causar dificultad al respirar, dolores de cabeza y mareos.

Cloro Libre y Total. El cloro libre se refiere al ácido hipocloroso y al anión hipoclorito los cuales reaccionan con amoníaco y algunos compuestos nitrogenados para formar el cloro combinado. El cloro total se refiere a la suma del cloro libre y el cloro combinado. Los valores de ambos se dan en mg/L Cl_2 y se miden a 515nm mediante espectrofotometría. Los niveles permitidos para cloro libre son de 0.3-0.6 mg/L Cl_2 y para cloro total son de 1.0-1.8 mg/L Cl_2 . Altos valores de cloro generan mal sabor en el agua, predispone a crisis asmáticas y alergias además de irritar los ojos y nariz y malestar estomacal.

Hierro. Se determinan los mg/L de hierro (Fe) presentes en la muestra de agua mediante espectrofotometría a 510nm, el valor máximo permitido es 0.3 mg/L Fe. Valores más altos que éste pueden causar manchas café y negras en la ropa, tuberías y fregaderos, además provoca un sabor desagradable en el agua.

Sulfato. En una muestra de agua el sulfato es analizado mediante espectrofotometría a 450nm, la unidad de medida son los mg/L de sulfato (SO_4). El rango permitido para sulfatos es de 25-250 mg/L SO_4 , si una fuente de agua contiene un valor más alto esto puede ser perjudicial para la salud ya que puede causar diarrea, deshidratación, corrosión. También le da mal sabor al agua y forma una capa dura en calderas y termostatos.

UVT. Se refiere a la transmisión de luz ultra violeta (UV) de los compuestos orgánicos en una muestra de agua. Se mide mediante espectrofotometría a 254nm y los resultados son interpretados como el porcentaje de la transmisión por centímetro (%T/cm). Entre menor sea el %T, mayor será la cantidad de los compuestos orgánicos, inorgánicos y partículas en una muestra de agua lo que podría indicar contaminación de esta.

Dureza Total. La dureza del agua se refiere al agua que contiene iones de carga positiva +2, especialmente iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} . Se mide en mg/L de CaCO_3 mediante titulación con EDTA. El rango permitido para la dureza total es de 400-500 mg/L CaCO_3 , sin embargo el valor máximo recomendable es de 50 mg/L de CaCO_3 . Si el agua excede este valor se va a requerir de más cantidades de jabón para limpiar efectivamente formando residuos insolubles. Además, el agua dura provoca la obstrucción de las tuberías, genera manchas blancas en los platos, tiene un efecto laxante y además está relacionado con enfermedades cardiovasculares, entre otros.

Calcio. El calcio es uno de los iones que contribuye con la dureza del agua, se determina de la misma manera que la dureza, mediante titulación con EDTA y se mide en mg/L de Ca^{+2} . El valor permitido es de 100 mg/L de Ca^{+2} sin embargo el valor recomendado es de 50 mg/L de Ca^{+2} . El agua con altos valores de calcio, presenta mal sabor además de afectar la absorción de otros minerales esenciales en el cuerpo y causar la aparición de piedras en los riñones.

Magnesio. Este parámetro se determina a partir de la resta del calcio a la dureza total antes medidos. El resultado se reporta en mg/L de Mg^{+2} y el rango permitido es de 30-50 mg/L de Mg^{+2} . Altos niveles de magnesio en el agua pueden contribuir al mal sabor así como a provocar vómitos, diarrea, problemas nerviosos, entre otros.

pH. Se refiere al potencial de iones de hidrógeno, de acuerdo a una escala se puede determinar qué tan ácida o básica es una muestra de agua. Esta escala va de 0 a 14 en donde un pH de 7 es neutro, un pH menor a 7 es ácido y mayor a 7 es básico. El rango permitido para el pH es de 6.5-8.5, si el pH es bajo puede provocar la lixiviación de los metales de los sistemas de tuberías así como la corrosión de estas, también puede causar gastritis y consecuentemente úlceras estomacales. Si el pH es básico, el sabor del agua puede ser amargo o similar a la soda. El pH es medido con un pH-metro.

Conductividad. Se refiere a la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad indicando los iones presentes en el agua ya que entre más iones, mayor será el valor de la conductividad y viceversa. Una alta conductividad promueve la corrosión. Las unidades de medida de la conductividad son $\mu\text{S}/\text{cm}$ y es medido con la sonda CDC401, el valor permitido en una muestra de agua es de $400 \mu\text{S}/\text{cm}$.

TDS. Se refiere a los sólidos totales disueltos en una muestra de agua, siendo el total de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas dispersas en esta. Este valor se relaciona con la conductividad ya que los sólidos disueltos totales son aproximadamente el 70% de la conductividad y el valor permitido es de $500 \text{ mg}/\text{L}$ el cual se mide con la sonda CDC401. Altas concentraciones de los sólidos disueltos totales pueden deteriorar las tuberías así como darle un mal sabor al agua.

Salinidad. Es la medida de la cantidad de sales disueltas en el agua, está relacionada con la conductividad ya que la cantidad de iones disueltos aumentan los valores de ambos parámetros. La salinidad es medida con la sonda CDC401 basada en sales disueltas en partes por mil (%). Una salinidad alta puede causar el deterioro y obstrucción de las tuberías así como promover su corrosión.

Sílica. Conocido también como sílice (SiO_2), se analiza mediante espectrofotometría a 452nm y el valor máximo permitido es de $10 \text{ mg}/\text{L}$ de SiO_2 . Altos valores de sílica contribuyen a alcalinizar un poco el agua.

Color. El color se representa por mg/L de platino-cobalto (Pt-Co) y el rango permitido para la medición de color es de $5\text{-}15 \text{ mg}/\text{L}$ de Pt-Co mediante espectrofotometría a 465nm . Valores más altos a los establecidos pueden ser indicativos de la presencia de material orgánico disuelto, mal tratamiento del agua, contaminación, entre otros.

Arsénico. Se mide mediante una prueba de color y el resultado se da en partes por billón (ppb) de arsénico, el valor máximo permitido es de 10 ppb de arsénico. El arsénico es un metal sumamente tóxico que produce daños al sistema nervioso y respiratorio, así como graves problemas en la piel, hígado y riñones e incluso cáncer de piel y pulmón.

1.1.6 ASPECTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN LOS PROCESOS DE PURIFICACIÓN

HIGIENE. Reducir y/o eliminar las bacterias, protozoos o quistes patógenos, metales o elementos que pueden producir algún tipo de envenenamiento, intoxicación u otros efectos nocivos como también la excesiva mineralización y materia orgánica que se encuentran en el agua cruda.

ESTÉTICO. Hay factores físicos característicos de las aguas, tales como el olor, turbiedad, color y sabor, que el consumidor tiene mucha observación e impresión, sin embargo, estos no constituyen mucho problema para la salud pública pero son de importancia.

ECONÓMICO. La corrosión o las diferentes incrustaciones causadas por el agua tienen una influencia notoria en la duración de las cañerías metálicas, en el primer caso se producen perforaciones y en el segundo las incrustaciones reducen apreciablemente los diámetros interiores de las tuberías.

1.1.7 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El **tratamiento de aguas residuales** consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el agua efluente del uso humano.

El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o re-uso. Es muy común llamarlo **depuración de aguas residuales** para distinguirlo del tratamiento de aguas potables.

Los esfuerzos para recolectar y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga están típicamente sujetos a regulaciones y estándares locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

Típicamente, el tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de aguas domésticas o industriales empleando un sistema de

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

Estos procesos de tratamiento son típicamente referidos a un:

- Tratamiento primario (asentamiento de sólidos)
- Tratamiento secundario (tratamiento biológico de la materia orgánica disuelta presente en el agua residual, transformándola en sólidos suspendidos que se eliminan fácilmente)
- Tratamiento terciario (pasos adicionales como lagunas, micro filtración o desinfección)

1.1.7.1 TRATAMIENTO PRIMARIO

El tratamiento primario es para reducir aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Este paso está enteramente hecho con maquinaria, de ahí conocido también como tratamiento mecánico.

REMOCIÓN DE SÓLIDOS

En el tratamiento mecánico, el afluente es filtrado en cámaras de rejillas para eliminar todos los objetos grandes que son depositados en el sistema de alcantarillado, tales como trapos, barras, compresas, tampones, latas, frutas, papel higiénico, etc. Éste es el usado más comúnmente mediante una pantalla rastrillada automatizada mecánicamente. Este tipo de basura se elimina porque esto puede dañar equipos sensibles en la planta de tratamiento de aguas residuales, además los tratamientos biológicos no están diseñados para tratar sólidos.

REMOCIÓN DE ARENA

Esta etapa (también conocida como escaneo o maceración) típicamente incluye un canal de arena donde la velocidad de las aguas residuales es cuidadosamente controlada para permitir que la arena y las piedras de ésta tomen partículas, pero todavía se mantiene la mayoría del material orgánico con el flujo. Este equipo es llamado colector de arena. La arena y las piedras necesitan ser quitadas a tiempo en el proceso para prevenir daño en las bombas y otros equipos en las etapas restantes del tratamiento. Algunas veces hay baños de arena (clasificador de la arena) seguido por un transportador que transporta la arena a un contenedor para la deposición. El contenido del colector de arena podría ser alimentado en el incinerador en un procesamiento de planta de fangos, pero en muchos casos la arena es enviada a un terraplén.

INVESTIGACIÓN Y MACERACIÓN

El líquido libre de abrasivos es pasado a través de pantallas arregladas o rotatorias para remover material flotante y materia grande como trapos; y partículas pequeñas como chícharos y maíz. Los escaneos son recolectados y podrán ser regresados a la planta de tratamiento de fangos o podrán ser dispuestos al exterior hacia campos o incineración. En la maceración, los sólidos son cortados en partículas pequeñas a través del uso de cuchillos rotatorios montados en un cilindro revolvente, es utilizado en plantas que pueden procesar esta basura en partículas. Los maceradores son, sin embargo, más caros de mantener y menos confiables que las pantallas físicas.

SEDIMENTACIÓN

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse. El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. Los tanques primarios de establecimiento se equipan generalmente con raspadores conducidos mecánicamente que llevan continuamente los fangos recogido hacia una tolva en la base del tanque donde mediante una bomba puede llevar a éste hacia otras etapas del tratamiento.

1.1.7.2 TRATAMIENTO SECUNDARIO

El tratamiento secundario está diseñado para degradar sustancialmente el contenido biológico del agua residual, el cual deriva de residuos humanos, residuos de alimentos, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales utilizan procesos biológicos aeróbicos para este fin.

DESBASTE

Consiste habitualmente en la retención de los sólidos gruesos del agua residual mediante una reja, manual o auto-limpiante, o un tamiz, habitualmente de menor paso o luz de malla. Esta operación no sólo reduce la carga contaminante del agua a la entrada, sino que permite preservar los equipos como conducciones, bombas y válvulas, frente a los depósitos y obstrucciones provocados por los sólidos, que habitualmente pueden ser muy fibrosos: tejidos, papeles, etc.

Los filtros de desbaste son utilizados para tratar particularmente cargas orgánicas fuertes o variables, típicamente industriales, para permitirles ser tratados por procesos de tratamiento secundario. Son filtros típicamente altos, filtros circulares llenados con un filtro abierto sintético en el cual las aguas residuales son aplicadas en una cantidad relativamente alta. El diseño de los filtros permite una alta descarga hidráulica y un alto flujo de aire. En instalaciones más grandes, el aire es forzado a través del medio usando sopladores. El líquido resultante está usualmente con el rango normal para los procesos convencionales de tratamiento.

FANGOS ACTIVOS

Las plantas de fangos activos usan una variedad de mecanismos y procesos para usar oxígeno disuelto y promover el crecimiento de organismos biológicos que remueven sustancialmente materia orgánica. También puede atrapar partículas de material y puede, bajo condiciones ideales, convertir amoníaco en nitrito y nitrato, y en última instancia a gas nitrógeno.

CAMAS FILTRANTES (CAMAS DE OXIDACIÓN)

Se utiliza la capa filtrante de goteo utilizando plantas más viejas y plantas receptoras de cargas más variables, las camas filtrantes son utilizadas donde el licor de las aguas residuales es rociado en la superficie de una profunda cama compuesta de coque (carbón, piedra caliza o fabricada

especialmente de medios plásticos). Tales medios deben tener altas superficies para soportar las biopelículas que se forman. El licor es distribuido mediante unos brazos perforados rotativos que irradian de un pivote central. El licor distribuido gotea en la cama y es recogido en drenes en la base. Estos drenes también proporcionan un recurso de aire que se infiltra hacia arriba de la cama, manteniendo un medio aerobio. Las películas biológicas de bacterias, protozoarios y hongos se forman en la superficie media y se comen o reducen los contenidos orgánicos. Esta biopelícula es alimentada a menudo por insectos y gusanos.

PLACAS ROTATIVAS Y ESPIRALES

En algunas plantas pequeñas son usadas placas o espirales de revolvimiento lento que son parcialmente sumergidas en un licor. Se crea un flóculo biótico que proporciona el sustrato requerido.

REACTOR BIOLÓGICO DE CAMA MÓVIL

El reactor biológico de cama móvil (MBBR, por sus siglas en inglés) asume la adición de medios inertes en vasijas de fangos activos existentes para proveer sitios activos para que se adjunte la biomasa. Esta conversión hace como resultante un sistema de crecimiento. Las ventajas de los sistemas de crecimiento adjunto son:

- Mantener una alta densidad de población de biomasa
- Incrementar la eficiencia del sistema sin la necesidad de incrementar la concentración del licor mezclado de sólidos (MLSS)
- Eliminar el costo de operación de la línea de retorno de fangos activos (RAS).

FILTROS AIREADOS BIOLÓGICOS

Filtros aireados (o anóxicos) biológicos (BAF) combinan la filtración con reducción biológica de carbono, nitrificación o desnitrificación. BAF incluye usualmente un reactor lleno de medios de un filtro. Los medios están en la suspensión o apoyados por una capa en el pie del filtro. El propósito doble de este medio es soportar altamente la biomasa activa que se une a él y a los sólidos suspendidos del filtro. La reducción del carbón y la conversión del amoníaco ocurre en medio aerobio y alguna vez alcanzado en un sólo reactor mientras la conversión del nitrato ocurre en una

manera anóxica. BAF es también operado en flujo alto o flujo bajo dependiendo del diseño especificado por el fabricante.

REACTORES BIOLÓGICOS DE MEMBRANA

MBR es un sistema con una barrera de membrana semipermeable o en conjunto con un proceso de fangos. Esta tecnología garantiza la remoción de todos los contaminantes suspendidos y algunos disueltos. La limitación de los sistemas MBR es directamente proporcional a la eficaz reducción de nutrientes del proceso de fangos activos. El coste de construcción y operación de MBR es usualmente más alto que el de un tratamiento de aguas residuales convencional de esta clase de filtros.

SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

El paso final de la etapa secundaria del tratamiento es retirar los flóculos biológicos del material de filtro, y producir agua tratada con bajos niveles de materia orgánica y materia suspendida. En una planta de tratamiento rural, se realiza en el tanque de sedimentación secundaria.

1.1.7.3 TRATAMIENTO TERCIARIO

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

FILTRACIÓN

La filtración de arena remueve gran parte de los residuos de materia suspendida. El carbón activado sobrante de la filtración remueve las toxinas residuales.

LAGUNAJE

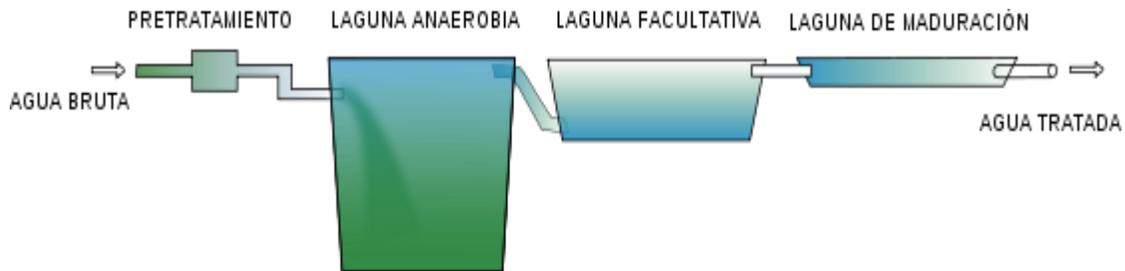


Figura 1.1.7.3-1 Esquema de una depuradora por lagunaje

Fuente: Romero, J. Calidad del agua 2006

El tratamiento de lagunas proporciona el establecimiento necesario y fomenta la mejora biológica de almacenaje en charcos o lagunas artificiales. Se trata de una imitación de los procesos de autodepuración que somete un río o un lago al agua residual de forma natural. Estas lagunas son altamente aerobias y la colonización por los macrófitos nativos, especialmente cañas, se dan a menudo. Los invertebrados de alimentación del filtro pequeño tales como *Daphnia* y especies de *Rotifera* asisten grandemente al tratamiento removiendo partículas finas.

El sistema de lagunaje es barato y fácil de mantener pero presenta los inconvenientes de necesitar gran cantidad de espacio y de ser poco capaz para depurar las aguas de grandes núcleos.

TIERRAS HÚMEDAS CONSTRUIDAS

Las tierras húmedas construidas incluyen camas de caña y un rango similar de metodologías similares que proporcionan un alto grado de mejora biológica aerobia y pueden ser utilizados a menudo en lugar del tratamiento secundario para las comunidades pequeñas, también para la fitoremediación.

Un ejemplo es una pequeña cama de cañas (o camas de lámina) utilizada para limpiar el drenaje del lugar de los elefantes en el parque zoológico de Chester en Inglaterra.

REMOCIÓN DE NUTRIENTES

Las aguas residuales pueden también contener altos niveles de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que eso en ciertas formas puede ser tóxico para peces e invertebrados en concentraciones muy bajas (por ejemplo amoníaco) o eso puede crear condiciones insanas en el ambiente de recepción (por ejemplo: mala hierba o crecimiento de algas). Las malas hierbas y las algas pueden parecer ser una edición estética, pero las algas pueden producir las toxinas, y su muerte y consumo por las bacterias (decaimiento) pueden agotar el oxígeno en el agua y asfixiar los peces y a otra vida acuática. Cuando se recibe una descarga de los ríos a los lagos o a los mares bajos, los nutrientes agregados pueden causar pérdidas entrópicas severas perdiendo muchos peces sensibles a la contaminación en el agua. La retirada del nitrógeno o del fósforo de las aguas residuales se puede alcanzar mediante la precipitación química o biológica.

La remoción del nitrógeno se efectúa con la oxidación biológica del nitrógeno del amoníaco a nitrato (nitrificación que implica nitrificar bacterias tales como Nitrobacter y Nitrosomonas), y entonces mediante la reducción, el nitrato es convertido al gas nitrógeno (desnitrificación), que se lanza a la atmósfera. Estas conversiones requieren condiciones cuidadosamente controladas para permitir la formación adecuada de comunidades biológicas. Los filtros de arena, las lagunas y las camas de lámina se pueden utilizar para reducir el nitrógeno. Algunas veces, la conversión del amoníaco tóxico al nitrato solamente se refiere a veces como tratamiento terciario.

La retirada del fósforo se puede efectuar biológicamente en un proceso llamado retiro biológico realizado del fósforo. En este proceso específicamente bacteriano, llamadas Polyphosphate que acumula organismos, se enriquecen y acumulan selectivamente grandes cantidades de fósforo dentro de sus células. Cuando la biomasa enriquecida en estas bacterias se separa del agua tratada, los bio-sólidos bacterianos tienen un alto valor del fertilizante. La retirada del fósforo se puede alcanzar también, generalmente por la precipitación química con las sales del hierro (por ejemplo: cloruro férrico) o del aluminio (por ejemplo: alumbre). El fango químico que resulta, sin embargo, es difícil de operar, y el uso de productos químicos en el proceso del tratamiento es costoso. Aunque esto hace la operación difícil y a menudo sucia, la eliminación química del fósforo requiere una huella significativamente más pequeña del equipo que la de retiro biológico y es más fácil de operar.

DESINFECCIÓN

El propósito de la desinfección en el tratamiento de las aguas residuales es reducir substancialmente el número de organismos vivos en el agua que se descargará nuevamente dentro del ambiente. La efectividad de la desinfección depende de la calidad del agua que es tratada (por ejemplo: turbiedad, pH, etc.), del tipo de desinfección que es utilizada, de la dosis de desinfectante (concentración y tiempo), y de otras variables ambientales. El agua turbia será tratada con menor éxito puesto que la materia sólida puede blindar organismos, especialmente de la luz ultravioleta o si los tiempos del contacto son bajos. Generalmente, tiempos de contacto cortos, dosis bajas y altos flujos influyen en contra de una desinfección eficaz. Los métodos comunes de desinfección incluyen el ozono, la clorina, o la luz UV. La Cloramina, que se utiliza para el agua potable, no se utiliza en el tratamiento de aguas residuales debido a su persistencia.

La desinfección con cloro sigue siendo la forma más común de desinfección de las aguas residuales en Norteamérica debido a su bajo historial de costo y del largo plazo de la eficacia. Una desventaja es que la desinfección con cloro del material orgánico residual puede generar compuestos orgánicamente clorados que pueden ser carcinógenos o dañinos al ambiente. La clorina o las "cloraminas" residuales puede también ser capaces de tratar el material con cloro orgánico en el ambiente acuático natural. Además, porque la clorina residual es tóxica para especies acuáticas, el efluente tratado debe ser químicamente desclorinado, agregándose complejidad y costo del tratamiento.

La luz ultravioleta (UV) se está convirtiendo en el medio más común de la desinfección en el Reino Unido debido a las preocupaciones por los impactos de la clorina en el tratamiento de aguas residuales y en la clorinación orgánica en aguas receptoras. La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción. Las desventajas dominantes de la desinfección UV son la necesidad del mantenimiento y del reemplazo frecuentes de la lámpara y la necesidad de un efluente altamente tratado para asegurarse de que los microorganismos objetivo no están blindados de la radiación UV (es decir, cualquier sólido presente en el efluente tratado puede proteger microorganismos contra la luz UV).

El ozono O₃ es generado pasando el O₂ del oxígeno con un potencial de alto voltaje resultando un tercer átomo de oxígeno y que forma O₃. El ozono es muy inestable y reactivo y oxida la mayoría

del material orgánico con que entra en contacto, de tal manera que destruye muchos microorganismos causantes de enfermedades. El ozono se considera ser más seguro que la clorina porque, mientras que la clorina que tiene que ser almacenada en el sitio (altamente venenoso en caso de un lanzamiento accidental), el ozono es colocado según lo necesitado. La ozonización también produce pocos subproductos de la desinfección que la desinfección con cloro. Una desventaja de la desinfección del ozono es el alto costo del equipo de la generación del ozono, y que la cualificación de los operadores deben ser elevada.

1.2 INFORMACIÓN GENERAL DE LA PLANTA DE EMBUTIDOS LA MADRILEÑA

"EMBUTIDOS LA MADRILEÑA" está bajo la gestión del Ingeniero agroindustrial, Gustavo Bastidas, quien es el Gerente Propietario de tan prestigiosa fábrica y Bajo su administración se encuentra un grupo privilegiado de profesionales como es la Ing. Marisol Bolaños y la Ing. Amparito Morejón ocupando el cargo de CONTACTO COMERCIAL, el Lic. Orlando Casa, y la Ing. Mayra Molina L. encargados del departamento de SERVICIO AL CLIENTE y el equipo encargo del departamento de producción está constituida por el Ing. Miguel Rodríguez y la Ing. Adriana Báez quienes actúan como promotores del crecimiento y desarrollo de la fábrica, también consta con un equipo de trabajo de 19 operarios, 5 encargados del comedor, y dos guardias de seguridad.

La planta industrial está ubicada en la panamericana sur km 3^{1/2} barrio Tiobamba, sus puntos de venta son:

- **Principal:** Av. Marco Aurelio subía s/n y Av. 5 de Junio barrio la Estación. Latacunga – Ecuador.
- **Sucursal:** Calle Luis a. Martínez s/n y 24 de Mayo Salcedo – Ecuador.

1.2.1 POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES

En la fábrica de embutidos La Madrileña, se generan algunos efluentes y residuos, que si no se toman medidas correctivas, está contaminación en forma lenta y constante influye negativamente en

el ambiente, mucho más que aquellas que se consideran contaminaciones de gran impacto y producidas por algún accidente.

1.2.1.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua residual, podría deberse a la gran masa de residuos líquidos, con una demanda bioquímica de oxígeno alta (DBO₅), a la cantidad de sólidos en suspensión, a la presencia de grasas, originadas en las aguas del escaldado, lavado de maquinaria y pisos.

La materia prima (reses, cerdos), el lavado de la carne puede escurrir alguna cantidad de sangre es uno de los contaminantes que van directamente al agua.

La cantidad de residuos sólidos, que son llevados por el efluente líquido, en las fábricas de embutidos varía de acuerdo al grado de recuperación y separación que se realice en la fábrica.

La contaminación también proviene de las aguas del escaldado de los embutidos, del descongelamiento de la carne, del curado, de los aditivos, condimentos y la limpieza de las áreas de trabajo.

Los indicadores más relevantes de contaminación de los desechos anteriormente anotados son: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos totales en suspensión (SST), aceites y grasas, organismos coliformes fecales, nitrógeno orgánico.

1.2.1.2 EMISIÓN AL AIRE

El olor característico de los embutidos y el humo del escape de los hornos de ahumado serían los factores contaminantes del aire en una forma muy leve.

1.2.1.3 DESECHOS SÓLIDOS

Los desechos sólidos (cartones, plásticos, residuos de material de empaque), son depositados en los tachos de basura, los mismos deben ser evacuados al relleno sanitario.

1.2.1.4 ALTERACIONES EN LA FLORA Y FAUNA

Los desechos orgánicos producen variaciones del pH en el agua, en la flora los residuos orgánicos enriquecen los suelos se hacen más fértiles y crece la vegetación.

1.2.1.5 EFECTOS DE LA GRASA EN EL AMBIENTE

Las grasa en el agua impide la oxigenación de esta debido a la película que se forma y limita su auto depuración, las grasas tienen una lenta degradación razón por la cual impiden el paso de la luz retardando el crecimiento de las algas, las grasas dan un aspecto desagradable y son tóxicas para la vida acuática por lo que es necesario un tratamiento físico-químico de floculación y decantación.

1.2.1.6 MAL APROVECHAMIENTO DEL SUELO

Los suelos de los alrededores de una fábrica de embutidos suelen ser más fértiles que los circundantes, debido a los nutrientes que lleva el agua de desecho. Estos suelos se pueden aprovechar para el cultivo agrícola, siempre y cuando el agua no lleve organismos patógenos.

2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1 MUESTREO

La recopilación de datos experimentales se realizó en la fábrica de embutidos la Madrileña de Latacunga en donde se tomó 4 muestras representativas del agua residual generada por la planta durante el mes de noviembre, estas muestras fueron recolectadas 1 por semana debido a que la actividad productiva es rutinaria.

A cada muestra se le realizó los análisis físico-químicos y microbiológicos con el fin de determinar el grado de contaminación del agua residual y así poder establecer de forma clara cuál es el tratamiento más recomendado para mejorar la calidad del agua y sobre todo evitar la contaminación del ambiente.

Tabla 2.1.1-1. Recolección de muestras

MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	NÚMERO DE MUESTRAS SEMANALES	FECHA DE LA TOMA DE MUESTRA	CANTIDAD DE LA MUESTRA (ML)
1	Agua residual	1	21/02/2014	5000
2	Agua residual	1	28/02/2014	5000
3	Agua residual	1	07/03/2014	5000
4	Agua residual	1	14/03/2014	5000

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio
Realizado por: Carlos Villarroel

2.2 METODOLOGÍA

2.2.1 MÉTODOS Y TÉCNICAS

2.2.1.1 MÉTODOS

Los métodos utilizados para el desarrollo de los análisis realizados al agua residual de la empresa La Madrileña están basados en el Manual de Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales (Standard Methods for Examination of Water and Wastewater).

Tabla 2.1.1.1-1. Indicadores del agua residual y los métodos empleados para su obtención

ANÁLISIS	MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Arsénico	Espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros	Se basa en la atomización a través de mecanismos combinados de la arsina formada al reaccionar el arsénico con el borohidruro de sodio en medio ácido.
Cadmio	Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa	Se basa en la atomización de la muestra mediante la aspiración hacia una llama aire-acetileno posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Cianuros	Espectrofotometría de absorción molecular UV-Visible	Se basa en la obtención de CNCl de color rojo-azulado que presenta una banda de absorción molecular de 575 y 582 nm.
Fenoles	Espectrofotometría de absorción molecular	Los fenoles son destilados y posteriormente se hacen reaccionar con 4-aminoantipirina a pH $9,7 \pm 0,1$, en presencia de ferricianuro de potasio, para formar un compuesto amarillo de antipirina. Este es extraído con cloroformo y su absorbancia medida espectrofotométricamente.
Cromo Hexavalente	Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa	Se basa en la atomización de la muestra mediante la aspiración hacia una llama aire-acetileno posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Hierro	Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa	Se basa en la atomización de la muestra mediante la aspiración hacia una llama aire-acetileno posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Manganeso	Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa	Se basa en la atomización de la muestra mediante la aspiración hacia una llama aire-acetileno posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Mercurio	Espectrofotometría de absorción atómica con generación de vapor atómico Hg (vapor frío)	Se basa en reducir el mercurio a vapor atómico de Hg para ser arrastrado hacia una celda de cuarzo posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica y determinar la concentración del mercurio mediante la relación entre potencia incidente y potencia transmitida.
Nitrógeno-nitrato	Electrodo específico	Se basa en el uso de un electrodo específico de nitrato, el cual es un sensor selectivo que desarrolla un potencial a través de una delgada membrana inerte y porosa que permite determinar la concentración de N-NO ₃ .
Nitrógeno-nitrito	Espectrofotometría de absorción molecular	El anión NO ₂ ⁻ es determinado espectrofotométricamente por reacción del compuesto de diazonio generando un compuesto azoico de color rojo púrpura.

Continúa

Continuación

Plomo	Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa	Se basa en la atomización de la muestra mediante la aspiración hacia una llama aire-acetileno posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Selenio	Espectrofotometría de absorción atómica con generación de hidruros	Se basa en la atomización a través de mecanismos combinados del hidruro de selenio (SeH ₂) formado al reaccionar el selenio con el borohidruro de sodio en medio ácido.
Sólidos sedimentados	Volumétrico	Se basa en la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas.
Sólidos suspendidos totales	Filtración	Se basa en la filtración mediante filtros de 45 µm y posterior secado en estufa a 103-105°C hasta pesada constante.
Sólidos disueltos totales	Gravimétrico	Se basa en la filtración de una muestra de agua bien homogeneizada a través de un filtro estándar de fibra de vidrio, posterior evaporación del filtrado en cápsula previamente tarada, y secado final hasta alcanzar peso constante a una temperatura de 103-105°C. El aumento de masa en la cápsula representa los sólidos disueltos totales.
Sulfatos	Gravimétrico con secado se residuos	Se basa en la precipitación del sulfato como sulfato de bario en medio ácido mediante adición de cloruro de bario. El precipitado es filtrado, lavado, secado y posteriormente pesado como sulfato de bario.
Zinc	Espectrofotometría de absorción atómica con aspiración directa	Se basa en la atomización de la muestra mediante la aspiración hacia una llama aire-acetileno posicionada en el paso óptico de un espectrofotómetro de absorción atómica.
Coliformes fecales	Sembrado	Se basa en el cultivo de los microorganismos en un medio apropiado para su crecimiento y posterior conteo de las colonias formadas si las hubiere.
Coliformes totales	Sembrado	Se basa en el cultivo de los microorganismos en un medio apropiado para su crecimiento y posterior conteo de las colonias formadas si las hubiere.
Color	Platino-Cobalto	Se basa en la comparación visual del color observado en una muestra previamente filtrada a través de un filtro de porosidad estandarizada, contra soluciones coloreadas de concentración conocida. Se usa como patrones de color soluciones de Platino-Cobalto
Turbiedad	Nefelométrico	Se basa en la comparación instrumental de la intensidad de la luz dispersada por una muestra problema y la intensidad de la luz dispersada por una muestra patrón de referencia bajo las mismas condiciones.

Continúa

Continuación

pH	Electrométrico	Se basa en la determinación de la actividad de los iones hidrógeno (H+) en solución por medición potenciométrica, empleando un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia, previa calibración del instrumento con soluciones estándares de pH.
----	----------------	--

Fuente: Manual de métodos de ensayo para agua potable
Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2 TÉCNICAS

2.2.1.2.1 ACEITES Y GRASAS

Tabla 2.2.1.2.1-1. Determinación de Aceites y Grasas según el método 5530-C

FUNDAMENTO	En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determina cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en triclorotrifluoroetano.
OBJETIVO	Determinar la cantidad de aceites y grasas que pueden influir en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales ya que si se presentan en cantidades excesivas pueden interferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios reduciendo la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Embudo de separación ✓ Matraz de destilación ✓ Baño de agua ✓ Papel filtro (diámetro = 11cm)
PROCEDIMIENTO	Tomar un volumen de 1ml de muestra y marcar el nivel de la muestra en la botella. Acidificarla hasta un pH de 2 o inferior con 5ml de HCl, pasarla por un embudo. Enjuagar con cuidado la botella de la muestra con 30ml de triclorotrifluoroetano y añadir los lavados del disolvente al embudo de separación. Dejar que separe las dos capas y luego drenar la capa del disolvente a través del embudo que contenga el papel filtro humedecido con el disolvente en el matraz de destilación limpio y tarado. Si no es posible obtener una capa clara de disolvente añadir 1g de sulfato de sodio y drenar. Añadir más sulfato de sodio si es necesario. Hacer dos extracciones con 30ml de disolvente cada vez.
CÁLCULOS	<p>La cantidad de aceites y grasas se determina mediante:</p> $\frac{mg}{L} \text{ aceites y grasas} = \frac{(A - B) \times 1000}{ml \text{ de muestra}}$ <p>Dónde: A = La ganancia total del peso B = Peso del matraz tarado menos el residuo calculado.</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater
Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.2 COLIFORMES FECALES

Tabla 2.2.1.2.2-1. Determinación de Coliformes Fecales según la Norma INEN 1108

<p>FUNDAMENTO</p>	<p>El agua contiene bacterias cuyas necesidades nutritivas y de temperatura óptima de desarrollo son variables. Los estreptococos fecales son bacterias entéricas que viven en el intestino de los animales de sangre caliente y del hombre. Ordinariamente esta determinación se efectúa sembrando en medio sólido un volumen conocido de la muestra de agua. Se incuba durante un tiempo y a determinadas temperaturas y se cuenta el número de colonias que se obtienen.</p>												
<p>OBJETIVO</p>	<p>Determinar la presencia de coliformes ya que los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son generalmente pocos y difíciles de aislar e identificar, es por esto que se prefiere utilizar los coliformes como organismo indicador de contaminación o en otras palabras como indicador de la existencia de organismos productores de enfermedad.</p>												
<p>MATERIALES</p>	<table border="0"> <tr> <td>✓ Cajas Petri</td> <td>✓ Agua destilada</td> </tr> <tr> <td>✓ Pipetas</td> <td>✓ Pinzas</td> </tr> <tr> <td>✓ Autoclave</td> <td>✓ Papel filtro</td> </tr> <tr> <td>✓ Estufa</td> <td>✓ Matraz kitasato</td> </tr> <tr> <td>✓ Disco filtrante</td> <td>✓ Bomba al vacío</td> </tr> <tr> <td>✓ Agar de Plata</td> <td></td> </tr> </table>	✓ Cajas Petri	✓ Agua destilada	✓ Pipetas	✓ Pinzas	✓ Autoclave	✓ Papel filtro	✓ Estufa	✓ Matraz kitasato	✓ Disco filtrante	✓ Bomba al vacío	✓ Agar de Plata	
✓ Cajas Petri	✓ Agua destilada												
✓ Pipetas	✓ Pinzas												
✓ Autoclave	✓ Papel filtro												
✓ Estufa	✓ Matraz kitasato												
✓ Disco filtrante	✓ Bomba al vacío												
✓ Agar de Plata													
<p>PROCEDIMIENTO</p>	<p>Poner en la unidad de filtración un disco filtrante estéril. Hacer pasar un volumen de agua por el disco, las bacterias serán detenidas en la superficie de la membrana. Se quita el disco y se pone sobre una almohadilla absorbente que previamente se ha saturado con el medio de cultivo apropiado. Las almohadillas absorbentes con los discos filtrantes se acomodan en cajas de petri de tamaño especial, las cuales se incuban. Después de la incubación se desarrollarán colonias sobre el disco filtrante en cualquier lugar donde hayan quedado bacterias atrapadas durante el proceso de filtración. La placa petri que contiene el disco filtrante con el residuo se lleva a la estufa termostata a 37°C para la determinación de microorganismos totales y coliformes totales, o a 44,5°C para determinar coliformes fecales, durante un período de 24 horas. Tras la incubación, se procede al recuento de las colonias formadas en cada disco filtrante, expresando los resultados en millones de microorganismos por litro de agua.</p>												

Fuente: Norma INEN 1108

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 2.2.1.2.3-1. Determinación de la DBO según el método 5210-B

FUNDAMENTO	La DBO es uno de los parámetros de mayor importancia en el estudio y caracterización de las aguas residuales. La determinación de DBO además de indicarnos la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que se encuentran presentes en las aguas residuales.								
OBJETIVO	Determinar el consumo de oxígeno en un tiempo de 5 días mediante la diferencia entre el oxígeno medido antes y después de la incubación.								
MATERIALES	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>✓ Equipo de DBO</td> <td>✓ Capsula magnética</td> </tr> <tr> <td>✓ Botellas de incubación</td> <td>✓ Probeta graduada</td> </tr> <tr> <td>✓ Grasa</td> <td>✓ Termómetro</td> </tr> <tr> <td>✓ Tampones de Copa</td> <td>✓ Embudo</td> </tr> </table>	✓ Equipo de DBO	✓ Capsula magnética	✓ Botellas de incubación	✓ Probeta graduada	✓ Grasa	✓ Termómetro	✓ Tampones de Copa	✓ Embudo
✓ Equipo de DBO	✓ Capsula magnética								
✓ Botellas de incubación	✓ Probeta graduada								
✓ Grasa	✓ Termómetro								
✓ Tampones de Copa	✓ Embudo								
PROCEDIMIENTO	Calentar o enfriar la muestra hasta 2°C de la temperatura de incubación. Usando una probeta graduada limpia vierta 160 ml de la muestra en una botella oscura. Colocar una barra magnética para mezclar. En cada botella de muestra añada el contenido de un sobre de buffer nutritivo para DBO con el fin de lograr el crecimiento óptimo de las bacterias. Aplicar grasa en la boca de cada botella para sellarla con el tampón de copa. Usando un embudo adicionar el contenido de un sobre de LiOH en el tampón de copa de cada muestra, colocar las botellas en el equipo y poner éste en la incubadora o estufa ajustando la temperatura a 20±2 °C.								
CÁLCULOS	<p>Cuando el agua de la disolución no está sembrada:</p> $ROBS = \frac{D_1 - D_2}{P}$ <p>Cuando el agua de disolución está sembrada:</p> $ROBS = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) * f}{P}$ <p>Dónde:</p> <p>D1= OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación mg/L</p> <p>D2= OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C mg/L</p> <p>P= fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada</p> <p>B1= OD del control de simiente antes de la incubación mg/L</p> <p>B2= OD del control de simiente después de la incubación mg/L</p> <p>f = proporción de la simiente de la muestra diluida con respecto al control de la simiente.</p>								

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.4 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Tabla 2.2.1.2.4-1. Determinación de la DQO según el método 5220-C

FUNDAMENTO	La DQO es la cantidad de oxígeno consumido por las materias existentes en el agua que son oxidables en condiciones operatorias definidas. La medida corresponde a una estimación de las materias oxidables presentes en el agua, ya sea su origen orgánico o inorgánico. La determinación de DQO debe realizarse rápidamente después de la toma de muestras para evitar la oxidación natural. En caso contrario la muestra podría conservarse un cierto tiempo si se acidifica con H ₂ SO ₄ hasta pH = 2-3. Sin embargo esta opción deja de ser fiable en presencia de cloruros.
OBJETIVO	Determinar la cantidad de equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte.
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reactor de DQO ✓ Probeta graduada ✓ Vaso de precipitación ✓ Toallas de papel ✓ Tubos de reactivos de digestión con tapa ✓ Pipetas volumétricas
PROCEDIMIENTO	Método de reflujo cerrado Precalentar a 150°C el digestor de DQO. Colocar los tubos de reacción. Tomar cuidadosamente la muestra previamente homogeneizada. Añadir cuidadosamente la disolución digestora respectiva. Colocar agua en el tubo del blanco de reactivos. Colocar todos los tubos en el digestor previamente calentados y dejar por 2h. Retirar los tubos del digestor y dejar enfriar y medir la absorbancia en el espectrofotómetro previamente calibrado o cuantificar por titulación.
CÁLCULOS	<p>El DQO se expresa mgO₂/L:</p> $DQO = \frac{(V_1 - V_2) * 800}{V_s}$ <p>Dónde: V1= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración del testigo. V2= volumen de la disolución de sulfato ferroso amoniacal requerido para la valoración de la muestra. Vs= volumen de la muestra.</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.5 NITRITOS Y NITRATOS

Tabla 2.2.1.2.5-1. Determinación de los nitritos y nitratos según el método HACH

FUNDAMENTO	Las formas de nitrógeno en las aguas residuales son, por orden decreciente de su estado de oxidación nitratos y nitritos. Estas formas de nitrógeno son interconvertibles biológicamente y forman parte del ciclo del nitrógeno. El nitrato puede pasar al sistema de suministro de agua debido a su uso como inhibidor de la corrosión en el agua para procesos industriales. El nitrito es el agente causal real de una enfermedad infantil denominada matahemoglobinemia. El ácido nitroso formado a partir del nitrito en soluciones ácidas puede reaccionar con aminos secundarias, dando lugar a nitrosaminas, muchas de las cuales son agentes carcinogénicos reconocidos. Estas razones hacen indispensables el control de la concentración de nitritos en el agua.
REACTIVOS	✓ Reactivo NitriVer ✓ Reactivo NitraVer
MATERIALES	✓ HACH 2004 ✓ Pipeta de 1 ml ✓ Vaso de precipitación de 250 ml
PROCEDIMIENTO	Colocar 10 ml de muestra de agua residual con el reactivo Nitriver en la celda del HACH 2004 y colocar la celda en el HACH 2004. Se realiza el mismo procedimiento con el reactivo Nitriver.
CÁLCULOS	Se lee directamente el valor que muestra el equipo.

Fuente: HACH MODEL DR/4000V

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.6 POTENCIAL DE HIDRÓGENO

Tabla 2.2.1.2.6-1. Determinación del Potencial de Hidrógeno según el método 4500-B

FUNDAMENTO	Se basa en la capacidad de respuesta del electrodo de vidrio ante soluciones de diferente actividad de iones H ⁺ . La fuerza electromotriz producida en el electrodo de vidrio varía linealmente con el pH del medio. Se debe tener en cuenta la temperatura de la muestra ya que esta fuerza electromotriz afecta al valor del pH.
OBJETIVO	Determinar el pH en el agua residual ya que esta medida es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual dependen del pH.

Continúa

Continuación

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Medidor de pH ✓ Electrodo de referencia ✓ Vaso de precipitación ✓ Agitador ✓ Cámara de flujo
PROCEDIMIENTO	<p>Calibrar el sistema de electrodos frente a las soluciones tampón estándar o con un pH conocido. Tomar una cantidad de agua en un vaso de precipitación, agitarla y medir el pH.</p>
CÁLCULOS	<p>La escala operativa del pH se utiliza para medir el pH de la muestra y se define como:</p> $pH_b = pH \text{ asignado al tampón}$ $pH_a = pH_b = \frac{F(E_x - E_s)}{2,303RT}$ <p>Dónde: pH_x = pH de la muestra medido potenciométricamente F = Faraday 9,649x10⁴ culombios/mol E_x = muestra fem, V E_s = tampón fem, V R = constante de los gases 8,314 julio/(mol.°K) T = temperatura absoluta °K</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.7 SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Tabla 2.2.1.2.7-1. Determinación de los sólidos sedimentables según el método 2540-F

FUNDAMENTO	<p>Las aguas naturales, residuales o residuales tratadas con alto contenido de sólidos sedimentables no pueden ser utilizadas en forma directa por las industrias o las plantas potabilizadoras. De lo anterior, se deriva el interés por determinar en forma cuantitativa este parámetro. La materia sedimentable se define como la cantidad de sólidos que en un tiempo determinado se depositan en el fondo de un recipiente en condiciones estáticas.</p>
OBJETIVO	<p>Determinar la cantidad de sólidos sedimentables en aguas residuales usando el método volumétrico y el método gravimétrico.</p>

Continúa

Continuación

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Placas de evaporación ✓ Capsulas de Porcelana ✓ Platino ✓ Vaso alto de sílice 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mufla ✓ Baño de vapor ✓ Desecador ✓ Balanza analítica
PROCEDIMIENTO	<p>Mezclar la muestra original a fin de asegurar una distribución homogénea de sólidos suspendidos a través de todo el cuerpo del líquido. Colocar la muestra bien mezclada en un cono Imhoff hasta la marca de 1L. dejar sedimentar 45 min, una vez transcurrido este tiempo agitar suavemente los lados del cono con un agitador o mediante rotación, mantener en reposo 15 min más y registrar el volumen de sólidos sedimentables del cono como ml/L. si la materia sedimentable contiene bolsas de líquido y/o burbujas de aire entre partículas gruesas, evaluar el volumen de aquellas y restar del volumen de sólidos sedimentados. En caso de producirse una separación de materiales sedimentables y flotables, no deben valorarse estos últimos como material sedimentable.</p>	
CÁLCULOS	<p>Para la determinación de los sólidos sedimentables se utiliza:</p> $\frac{mg}{L}SS = \frac{mg}{L}STSuspensión - \frac{mg}{L}SNS$ <p>Dónde: SS=sólidos sedimentables STS=sólidos totales en suspensión SNS=sólidos no sedimentables</p>	

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.8 SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Tabla 2.2.1.2.8-1. Determinación de los sólidos suspendidos según el método 2540-D

FUNDAMENTO	<p>Los sólidos en suspensión es la medida de los sólidos sedimentables y de los no sedimentables que pueden ser retenidos en un filtro. Pueden causar depósitos en conducciones, calderas, equipos y las bacterias tienen un soporte donde pueden quedar y hacer su función en las aguas residuales. La presencia de sólidos en suspensión incrementa la turbidez del agua y la de los sólidos disueltos.</p>	
OBJETIVO	<p>Determinar la cantidad de sólidos suspendidos en aguas residuales usando el método de filtración.</p>	
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cápsulas de porcelana de 90mm de diámetro ✓ Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Horno desecador ✓ Balanza analítica ✓ Papel filtro

Continúa

Continuación

PROCEDIMIENTO	Tomar un filtro de análisis de sólidos y ponerlo en un crisol de porcelana. El conjunto se introducirá en una estufa a 105°C durante 2 horas. Luego se sacará el filtro con el crisol de porcelana y se enfriará en el desecador. El filtro con el crisol una vez enfriado se pesará hasta conseguir un peso constante. Agitar vigorosamente la muestra y filtrar un volumen conocido de la misma, utilizando para ello un equipo de filtración al vacío, constituido por un matraz de recepción del líquido filtrado, un porta filtros para colocar el filtro y un embudo de filtración donde se adicionará la muestra. El equipo de filtración se conectará a una bomba de vacío. El filtro utilizado para este análisis se caracteriza por presentar 2 superficies bien diferenciadas, una más rugosa que será la que se colocará encima del porta filtro. Una vez filtrada la muestra se recogerá el filtro y se colocará en el crisol de porcelana. El filtro utilizado anteriormente será secado a 105°C durante 1 hora. Posteriormente se deja enfriar en el desecador y se pesa, hasta conseguir peso constante. Si el depósito sobre el filtro es inferior a 2,5mg/l se filtrará un volumen mayor.
CÁLCULOS	<p>Para la determinación de los sólidos suspendidos se utiliza:</p> $\frac{mg}{L} SS = \frac{(A - B)}{V}$ <p>Dónde: A = peso del filtro-vidrio después de evaporar el agua, en mg B = peso del filtro-vidrio antes de añadir la muestra, en mg V = volumen de muestra utilizado, en L</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.9 SÓLIDOS TOTALES

Tabla 2.2.1.2.9-1. Determinación de los sólidos totales según el método 2540-B

FUNDAMENTO	Se define como sólidos totales a la materia que permanece como residuo después de la evaporación y secado a 103°C. El valor de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto. Para su determinación la muestra se evapora en una cápsula a peso constante previamente pesada, sobre un baño María, y luego se seca a 103-105°C en un horno. El incremento de peso, sobre el peso inicial dividido entre el volumen de la muestra representa el contenido de sólidos totales en mg/l.
OBJETIVO	Determinar la cantidad de sólidos totales en aguas residuales a fin de conocer su negatividad sobre el agua a ser tratada.

Continúa

Continuación

MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capsulas de Porcelana de 90 mm de diámetro ✓ Horno de secado para operación a 103-105°C ✓ Desecador ✓ Balanza analítica capaz de pesar hasta 0,01mg
PROCEDIMIENTO	<p>Calentar la capsula limpia en la estufa a 103 a 105 °C durante 1hora, conservarla en el desecador y pesarla inmediatamente antes de usarla. Elegir un volumen determinado de la muestra, transferir un volumen bien mezclado a la capsula pesada previamente y evaporarlo hasta que se seque. Después secamos esta muestra evaporada al menos durante 1hora a 103-105°C, enfriar en el desecador y pesar. Repetir el ciclo hasta que sea constante el peso.</p>
CÁLCULOS	<p>Para la determinación de los sólidos totales se utiliza:</p> $\frac{mg}{L} ST = \frac{(A - B)}{V}$ <p>Dónde: A = peso del filtro-vidrio después de evaporar el agua, en mg B = peso del filtro-vidrio antes de añadir la muestra, en mg V = volumen de muestra utilizado, en L</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater
Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.10 SULFATOS

Tabla 2.2.1.2.10-1. Determinación de sulfatos

FUNDAMENTO	<p>Los sulfatos se encuentran en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones. Los sulfatos se usan en algunos tipos de calderas para reducir el calcio y magnesio existentes, con el fin de controlar las incrustaciones.</p>
OBJETIVO	<p>Determinar el ion sulfato en aguas residuales usando el método gravimétrico.</p>
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bureta ✓ Pipeta de 1ml ✓ Vaso de precipitación de 250 ml ✓ Erlenmeyer ✓ Espectrofotómetro ✓ Solución de sulfatos ✓ Cloruro de bario

Continúa

Continuación

<p>PROCEDIMIENTO</p>	<p>Eliminación de sílice. Si la concentración de sílice excede de 25 mg/L evaporar la muestra a sequedad en una cápsula de porcelana en un baño de vapor. Agregar 1cm³ de HF concentrado e inclinar la cápsula y rotar hasta que el ácido esté en contacto con el residuo. Dejar enfriar y humedecer el residuo con 2cm³ de agua y 1 cm³ de HF, evaporar a sequedad en un baño de vapor. Añadir 2cm³ de HF y llevar el residuo soluble en agua caliente y filtrar. Lavar la sílice insoluble con porciones pequeñas de agua caliente, continuar los filtrados y lavar. Transferir con pipeta a un vaso de precipitados, un volumen de muestra clarificada que contenga no más de 50 mg de ion sulfato y ajustar a un volumen de 250cm³. Llevar a un pH de 4-5. Adicionar d 1 a 2 cm³ de la solución de HCl, calentar la solución a ebullición y agitar lentamente, agregar la solución de BaCl hasta que la precipitación sea completa. Digerir el precipitado. Mezclar una pequeña cantidad de la pulpa de papel filtro de cenizas con el precipitado y filtrar. Lavar el precipitado con porciones pequeñas de agua caliente. Secar el papel filtro y precipitado en estufa, pasar a un mechero evitando que el papel filtro se inflame y posteriormente llevar a una mufla a 800°C durante 1 hora, enfriar en desecador y pesar.</p>
<p>CÁLCULOS</p>	<p>El contenido del ion sulfato en mg/L se calcula así:</p> $mg BaSO_4 = 0.4115 mg de SO_4^-$ $\frac{mg de SO_4^{-2}}{L} = \frac{A x 0.4115 x 1000}{B}$ <p>Dónde: A = peso del sulfato de bario, en mg B = volumen de la muestra original en cm³</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.11 TENSOACTIVOS

Tabla 2.2.1.2.11-1. Determinación de tensoactivos según el método 5530-C

<p>FUNDAMENTO</p>	<p>Los tensoactivos entran en las aguas limpias y residuales principalmente por descarga de residuos acuosos del lavado doméstico e industrial de ropa y otras operaciones de limpieza. La mayoría de los tensoactivos de las aguas residuales se combinan con cantidades proporcionales de las partículas adsorbidas. En las aguas la concentración de tensoactivos suele ser inferior a 0,1 mg/L excepto en las proximidades de una desembocadura u otra fuente de entrada puntual. Un alto contenido de detergentes en agua puede provocar formación de espuma, toxicidad para la vida acuática y crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos.</p>
--------------------------	--

Continúa

Continuación

OBJETIVO	Determinar la cantidad de tensoactivos presentes en el agua residual a ser tratada.
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Balanza analítica ✓ Equipo de destilación ✓ Potenciómetro de laboratorio ✓ Espectrómetro ✓ Papel filtro ✓ Embudos de separación
PROCEDIMIENTO	Tomar 500ml de la muestra, ajustar el pH a 4 con una disolución de ácido fosfórico utilizando el indicador naranja de metilo y colocar el aparato de destilación, destilar la muestra, detener la destilación cuando la muestra deje de hervir. Adicionar 500ml de agua caliente, continuar destilando hasta obtener 500ml de destilado total. Una destilación debe ser suficiente para purificar la muestra de una forma adecuada.
CÁLCULOS	<p>Para calcular los fenoles se utiliza la siguiente ecuación de la curva de calibración:</p> $Y = mx + b$ <p>Para la concentración:</p> $\frac{\mu g}{L} \text{ fenol} = \frac{A}{B}$ <p>Dónde: A= microgramos de fenol determinada en la curva B= ml de la muestra original</p>

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.2.1.2.12 NITRÓGENO TOTAL

Tabla 2.2.1.2.12-1. Determinación de nitrógeno total según el método 4500-N-A

FUNDAMENTO	Los compuestos nitrogenados se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Las fuentes de nitrógeno incluyen además de la degradación natural de la materia orgánica, fertilizantes, productos de limpieza y tratamiento de aguas potables. Debido a que el nitrógeno es un nutriente esencial para organismos fotosintéticos, es importante el monitoreo y control de descargas del mismo al ambiente.
OBJETIVO	Determinar la cantidad de nitrógeno total presente en el agua residual mediante el método de Kjeldahl.
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Equipo de Kjeldahl. ✓ Balanza analítica ✓ Material de vidrio ✓ Matraz Kjeldahl ✓ Bureta
PROCEDIMIENTO	Limpiar el equipo antes de usarlo, determinar el volumen de la muestra de acuerdo a la tabla, ajustar el volumen a 500ml, y neutralizarlo a un pH de 7, colocar en un matraz de Kjendahl de 800ml y posteriormente. Determinar el N amoniacal Determinar el N orgánico.

Continúa

Continuación

CÁLCULOS	<p>Usaremos las siguientes ecuaciones:</p> $\frac{mg}{L} Ntk = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\frac{mg}{L} NH_3N = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\frac{mg}{L} Norgánico = \frac{(A - B)(N)(14)(1000)}{V}$ $\frac{mg}{L} Ntk = \frac{mg}{L} NH_3N + \frac{mg}{L} Norgánico$ <p>Dónde: A= ml de ácido sulfúrico gastados en la titulación. B= ml de ácido sulfúrico gastados en el blanco. N= normalidad del ácido sulfúrico V= ml de la muestra 14= es el peso equivalente de la muestra.</p>
-----------------	---

Fuente: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater

Realizado por: Carlos Villarroel

2.3 DATOS EXPERIMENTALES

2.3.1 DIAGNÓSTICO

El agua utilizada en el proceso de elaboración de embutidos es el agua potable existente en la ciudad de Latacunga, la misma que es tomada directamente del sistema de distribución público, además la planta cuenta con una cisterna de almacenamiento de agua para ser utilizada en caso de no contar con la distribución normal de la ciudad.

Diariamente durante el proceso productivo se genera una gran cantidad de agua residual como producto de la elaboración de los embutidos y de las actividades de limpieza realizadas dentro de la planta. Dicha agua es enviada directamente al río de la ciudad convirtiéndose en un contaminante ambiental ya que esta agua no es recomendada para el consumo humano.

Las aguas resultantes del proceso contienen cantidades de pedazos de grasa y carne que son arrojados al alcantarillado. Después del proceso de producción las instalaciones son limpiadas con detergente para eliminar la grasa.

Para el desarrollo de esta investigación es indispensable saber que el caudal aproximado de agua residual que se genera por día es de 3 m³/día aproximadamente según la información recibida por el personal de la planta y también es necesario realizar la caracterización de dicha agua para elegir el tratamiento más recomendado.

2.3.2 DATOS

2.3.2.1 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA

El agua residual es sometida a los análisis físico-químicos y microbiológicos requeridos por el TULAS para la descarga de dicha agua hacia un cuerpo de agua dulce. La muestra del agua residual para el análisis es tomada de la tubería que desemboca directamente al río.

Para la obtención de datos reales se toma 4 muestras de agua residual en 4 semanas consecutivas, obteniendo los datos que se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 2.3.2.1-1. Análisis físico-químico y microbiológico semana 1

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE ⁵
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	80000	Remoción al 99,9%
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	66	100
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	115	250
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	2,9	10,0

Continúa

Continuación

Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	24,26	15
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	8,89	5-9
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,00	1,0
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	50	100
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2020	1600
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² 4 E	mg/L	60	1000
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,306	0,5
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,37	0,5

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio CESTTA
Realizado por: Carlos Villarroel

Tabla 2.3.2.1-2. Análisis físico-químico y microbiológico semana 2

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	80000	Remoción al 99,9 %
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	71	100
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	112	250

Continúa

Continuación

Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	2,3	10,0
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	23,96	15
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	8,43	5-9
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,11	1,0
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	53	100
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2000	1600
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ₄ E	mg/L	57	1000
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,298	0,5
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,40	0,5

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio CESTTA
Realizado por: Carlos Villarroel

Tabla 2.3.2.1-3. Análisis físico-químico y microbiológico semana 3

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	79000	Remoción al 99,9 %
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	60	100

Continúa

Continuación

Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	121	250
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,7	10,0
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	24,00	15
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	8,55	5-9
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,17	1,0
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	50	100
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2100	1600
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² 4 E	mg/L	59	1000
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,300	0,5
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,29	0,5

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio CESTTA
Realizado por: Carlos Villarroel

Tabla 2.3.2.1-4. Análisis físico-químico y microbiológico semana 4

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	80100	Remoción al 99,9 %

Continúa

Continuación

Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	64	100
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	112	250
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,3	10,0
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	23,74	15
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	7,93	5-9
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	3,99	1,0
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	50	100
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2100	1600
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ₄ ²⁻ E	mg/L	59	1000
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,297	0,5
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,33	0,5

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio CESTTA

Realizado por: Carlos Villarroel

Como se había mencionado anteriormente el trabajo realizado en la planta de producción es rutinario, esto se refleja en los resultados de los análisis ya que la variación entre uno y otro es mínima razón por la cual se decide considerar los valores más altos para continuar con la elección del tratamiento más adecuado para el agua residual.

Tabla 2.3.2.1-5. Datos de los análisis físico-químico y microbiológico considerados para el tratamiento del agua residual

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADOS MÁXIMOS	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	80100	Remoción al 99,9 %
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	71	100
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	121	250
Nitrógeno + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,7	10,0
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	24,26	15
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	8,89	5-9
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,17	1,0
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	53	100
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2100	1600
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ₄ E	mg/L	60	1000
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,306	0,5
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,40	0,5

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio CESTTA

Realizado por: Carlos Villarroel

Los resultados obtenidos de grasa y aceites, coliformes fecales, nitrógeno total, sólidos sedimentables y sólidos totales se encuentran fuera de especificación según la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes razón por la cual se consideran estos parámetros para elegir el tratamiento más adecuado para este tipo de agua residual.

2.4 DATOS ADICIONALES

2.4.1 SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO PARA EL AGUA RESIDUAL

La selección del sistema de tratamiento se basa en la interrelación de los parámetros que se encuentran fuera de especificación con el fin de lograr la máxima eficiencia de remoción. En base a lo antes mencionado se plantea un tratamiento para el agua residual que consta de:

- Homogenizador
- Sedimentador
- Filtración
- Desinfección

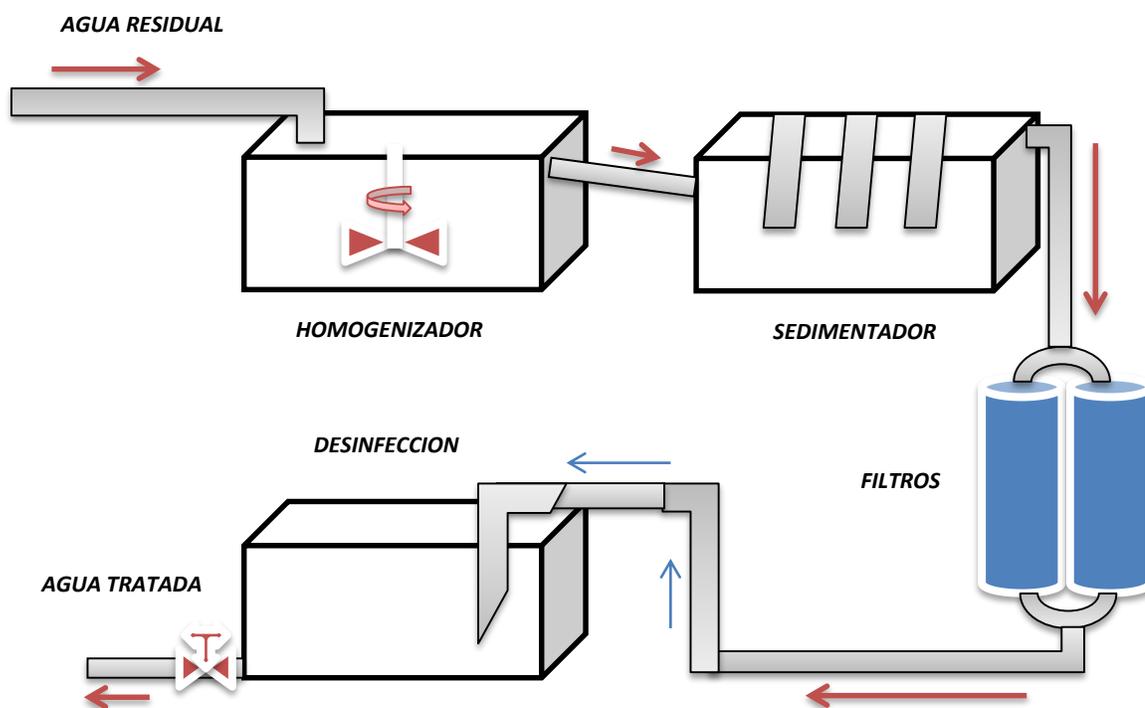


Figura 2.4.1-1 Proceso planteado para el tratamiento del agua residual

Fuente: Carlos Villarreal

3 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

3.1 CÁLCULOS. DISEÑO DE INGENIERÍA

El diseño de ingeniería nos permite diseñar un sistema adecuado para el tratamiento de agua residual y comprobar si tiene sentido seguir el lineamiento preestablecido o buscar otro que reemplace al anterior para obtener los mejores resultados; además nos permite observar la evolución del proceso en sus diferentes etapas, comprobar si este cumple con los objetivos planteados y determinar si la estructura, el material o los métodos de análisis escogidos son los más idóneos para el proceso.

3.1.1 CÁLCULO DEL CAUDAL

3.1.1.1 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL AGUA

Para determinar el caudal del agua residual se mide la longitud de su recorrido en un tiempo determinado, estos datos que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.1.1.1-1. Datos para el cálculo de la velocidad del agua residual

PARÁMETRO	VALOR
Longitud del tramo	2 m
Tiempo del recorrido	142 s
Factor de corrección	50 %

Fuente: Datos experimentales
Realizado por: Carlos Villarroel

Datos:

L = 2 m t = 142 s

$$v = \frac{L}{t}$$

Ec. 3.1.1.1-1

$$v = \frac{2}{142}$$

$$v = 0,014 \text{ m/s}$$

3.1.1.2 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE LA TUBERÍA DE VERTIDO

Para conocer el área es necesario considerar que la tubería tiene un diámetro de 4 pulg.

$$A = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \quad \text{Ec. 3.1.1.2-1}$$

$$A = \frac{\pi \times 0,102^2}{4}$$

$$A = 8,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

3.1.1.3 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL

Una vez que se conoce la velocidad del agua y el área de la tubería se determina el caudal.

$$Q = v \times A \quad \text{Ec. 3.1.1.3-1}$$

$$Q = 0,014 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 8,17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q = 1,14 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 9,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

3.1.1.4 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para conocer el caudal de diseño se utiliza un factor de corrección del 50% con el fin de garantizar el funcionamiento adecuado de la planta de tratamiento en caso de existir alguna variación del caudal de agua residual que se genera por día.

$$Q_d = Q \times FC \quad \text{Ec. 3.1.1.4-1}$$

$$Q_d = \left(1,14 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \right) \times 1,5$$

$$Q_d = 1,71 \times 10^{-4} \text{ m}^3/s$$

$$Q_d = 14,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

3.1.2 DISEÑO DEL HOMOGENIZADOR

El volumen del depósito de homogenización depende del caudal vertido y del régimen de trabajo, es decir, se debe calcular un volumen al menos igual al caudal total vertido. Con el objeto de obtener una buena agitación se diseña un homogenizador cilíndrico.

3.1.2.1 CÁLCULO DEL ÁREA DEL HOMOGENIZADOR

Con el fin de lograr un diseño adecuado se decide considerar un tanque de 1,5 m de altura.

$$A = \frac{Q_d \times t}{h} \quad \text{Ec. 3.1.2.1-1}$$

Dónde:

- Q_d = caudal de diseño ($\frac{m^3}{h}$)
- t = tiempo de descarga (h)
- h = altura (m)

$$A = \frac{\left(0,62 \frac{m^3}{h} \right) \times 16 \text{ h}}{1,5 \text{ m}}$$
$$A = 6,61 \text{ m}^2$$

3.1.2.2 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL HOMOGENIZADOR

$$\phi_h = \sqrt{\frac{A}{\pi} \times 2} \quad \text{Ec. 3.1.2.2-1}$$

Dónde:

- ϕ_h = diámetro del homogenizador (m)

$$\begin{aligned} \phi_h &= \sqrt{\frac{6,61 \text{ m}^2}{\pi} \times 2} \\ \phi_h &= 2,90 \text{ m} \end{aligned}$$

3.1.2.3 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL HOMOGENIZADOR

$$V = A \times h \quad \text{Ec. 3.1.2.3-1}$$

$$V = 6,61 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m}$$

$$V = 9,92 \text{ m}^3$$

Se considera un factor de seguridad del 16%, por lo tanto se tiene un volumen igual a:

$$V = 9,92 \text{ m}^3 \times 1,16$$

$$V = 11,51 \text{ m}^3$$

3.1.2.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS PALETAS DEL HOMOGENIZADOR

Para conocer la potencia de las paletas del homogenizador se considera una elevación de 10cm con respecto a la base del homogenizador.

$$P = \gamma Q_d h_e$$

Ec. 3.1.2.4-1

Dónde:

- P = potencia disipada (kW)
- γ = peso específico del agua ($\frac{kN}{m^3}$)
- Q_d = caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$)
- h_e = pérdida de energía por el fluido en el paso por el mezclador estático (m)

$$P = \left(1 \frac{kN}{m^3}\right) \times \left(1,71 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}\right) \times (0,1m)$$

$$P = 1,71 \times 10^{-5} kW$$

$$P = 0,017 W$$

3.1.2.5 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA HÉLICE DEL HOMOGENIZADOR

El rodete a utilizar es de tipo hélice ya que es ideal para fluidos de baja viscosidad teniendo un alto rendimiento al momento de homogenizar la mezcla en el tratamiento. Según las normas estándares DIN 28131 para sistemas de agitación se considera un solo rodete para tanques de diámetro menores a 70 pulgadas con una altura del mismo de la mitad del diámetro.

$$\phi_r = \frac{2}{3} \times \phi_h$$

Ec. 3.1.2.5-1

Dónde:

- ϕ_r = diámetro del rodete
- ϕ_h = diámetro del homogenizador (m)

$$\phi_r = \frac{2}{3} \times 2,90 m$$

$$\phi_r = 1,93 m$$

3.1.3 DISEÑO DEL SEDIMENTADOR

3.1.3.1 CÁLCULO DEL ÁREA DEL SEDIMENTADOR

Para determinar el área del sedimentador es necesario conocer la carga superficial, la misma que es tomada en base a la siguiente tabla:

Tabla 3.1.3.1-1. Valores recomendados de la carga superficial para distintas suspensiones

SUSPENSIÓN	CARGA SUPERFICIAL ($m^3 / m^2 \text{ día}$)	
	INTERVALO	CAUDAL PUNTA
Agua residual sin tratar	24 – 48	48
Flóculos de sulfato de alúmina	14 – 24	24
Flóculos de hierro	21 – 32	32
Flóculos de cal	21 – 48	48

Fuente: METCALF/EDDY. Tratamiento y depuración de aguas residuales
Realizado por: Carlos Villarroel

La carga superficial tomada para esta investigación es $24 m^3 / m^2 \text{ día}$, sugerida para aguas residuales sin tratar.

$$A_s = \frac{Q_d}{CS} \quad \text{Ec. 3.1.3.1-1}$$

Dónde:

- A_s = área del sedimentador (m^2)
- Q_d = caudal de diseño ($\frac{m^3}{\text{día}}$)
- CS = carga superficial ($m^3 / m^2 \text{ día}$)

$$A_s = \frac{14,8 \frac{m^3}{\text{día}}}{24 \frac{m^3}{m^2 \text{ día}}}$$

$$A_s = 0,62 m^2$$

3.1.3.2 CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL SEDIMENTADOR

Considerando una altura de 1,5 m de altura se calcula el volumen del sedimentador con la siguiente ecuación:

$$V_s = A_s \times h_s \quad \text{Ec. 3.1.3.2-1}$$

Dónde:

- V_s = volumen del sedimentador (m^3)
- A_s = área del sedimentador (m^2)
- h_s = altura del sedimentador (m)

$$V_s = 0,62 \, m^2 \times 1,5 \, m$$

$$V_s = 0,93 \, m^3$$

Considerando un factor de corrección del 16% se tiene:

$$V_s = 0,93 \, m^3 \times 1,16$$

$$V_s = 1,08 \, m^3$$

3.1.3.3 CÁLCULO DEL TIEMPO DE RETENCIÓN

El tiempo de retención estimado para el sedimentador que se ha diseñado en este estudio se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Tr = \frac{V_s}{Q_d} \quad \text{Ec. 3.1.3.3-1}$$

Dónde:

- Tr = tiempo de retención (h)
- V_s = volumen del sedimentador (m^3)
- Q_d = caudal de diseño ($\frac{m^3}{h}$)

$$Tr = \frac{1,08 m^3}{0,62 \frac{m^3}{h}}$$

$$Tr = 1,74 h$$

3.1.3.4 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE ARRASTRE

La velocidad de arrastre se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$Vh = \left[(8k(s-1)g \times \frac{d}{f}) \right]^{1/2} \quad \text{Ec. 3.1.3.4-1}$$

Dónde:

- Vh = velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas ($\frac{m}{s}$)
- k = constante que depende del tipo de material arrastrado
- s = peso específico de las partículas
- g = aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)
- d = diámetro de las partículas (m)
- f = factor de fricción de Darcy – Weisbach

$$Vh = \left[(8(0,05)(1,05 - 1)(9,8m/s^2) \times \frac{0,01m}{0,03}) \right]^{1/2}$$

$$Vh = 0,26 m/s$$

Con el fin de saber si el material sedimentado puede volver a suspenderse o no, se realiza una comparación entre la velocidad de arrastre y la velocidad horizontal, la misma que será calculada a continuación:

$$Vho = \frac{Qd}{As} \quad \text{Ec. 3.1.3.4-1}$$

Dónde:

- Vho = velocidad horizontal (m/s)

- Q_d = caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$)
- A_s = área del sedimentador (m^2)

$$V_{ho} = \frac{1,71 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{0,62 m^2}$$

$$V_{ho} = 2,76 \times 10^{-4} \frac{m}{s}$$

Al realizar la comparación entre la velocidad de arrastre y la velocidad horizontal se concluye que el material sedimentado no volverá a suspenderse ya que la velocidad horizontal es mucho menor que la velocidad de arrastre.

3.1.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE FILTRACIÓN

El diseño de los filtros se realiza asumiendo una tasa media de filtración de $300 \left(\frac{m^3}{m^2 \text{ día}}\right)$ y 2 filtros con el fin de producir una mínima área superficial y con ello un costo mínimo

3.1.4.1 CÁLCULO DEL ÁREA TOTAL DE FILTRACIÓN

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$A_T = \frac{Q_d}{tmf} \quad \text{Ec. 3.1.4.1-1}$$

Dónde:

- A_T = área total de filtración (m^2)
- tmf = tasa media de filtración ($\frac{m^3}{m^2 s}$)
- Q_d = caudal ($m^3/\text{día}$)

$$A_T = \frac{14,8 \frac{m^3}{\text{día}}}{300 \frac{m^3}{m^2 s}}$$

$$A_T = 0,05 \text{ m}^2$$

3.1.4.2 CÁLCULO DEL ÁREA DE CADA FILTRO

$$A_f = \frac{A_T}{N} \quad \text{Ec. 3.1.4.2-1}$$

Dónde:

- A_f = área de cada filtro (m^2)
- A_T = área total de filtración (m^2)
- N = número de filtros (asumido)

$$A_f = \frac{0,05 \text{ m}^2}{2}$$

$$A_f = 0,025 \text{ m}^2$$

3.1.5 DISEÑO DEL TANQUE DE DESINFECCIÓN

Para diseñar el tanque de desinfección se asume una altura de 1,5m.

$$A_d = \frac{V}{h} \quad \text{Ec. 3.1.5-1}$$

Dónde:

- A_d = área del tanque de desinfección (m^2)
- V = volumen (m^3)
- h = altura (m)

$$A_d = \frac{14,8 \text{ m}^3}{1,5 \text{ m}}$$

$$A_d = 9,87 \text{ m}^2$$

3.1.6 DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS

3.1.6.1 DOSIFICACIÓN DEL FLOCULANTE

Tabla 3.1.6.1-1. Prueba de Jarras

Nº de jarras	Tiempo de formación del floculo (min)	Dosificación de sulfato de aluminio $Al_3(SO_4)$ (ml)	Turbidez (NTU)
1	20	1	0,41
2	20	2	0,29
3	20	3	0,37
4	20	4	0,53

Fuente: Datos experimentales
Realizado por: Carlos Villarroel

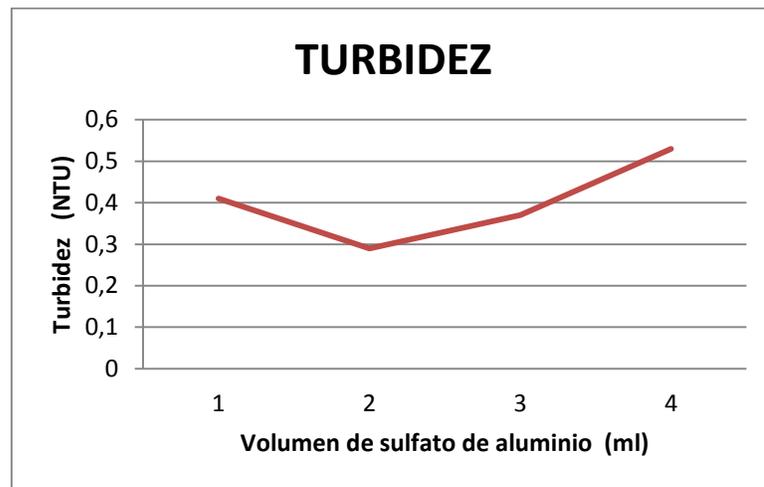


Figura 3.1.6-1 Turbidez

Fuente: Carlos villarroel

El valor más bajo de turbidez se da cuando se utiliza 2 ml de sulfato de aluminio $Al_3(SO_4)$ ya que existe una mejor formación del floculo.

En base a esta prueba se determina que el volumen necesario de floculante que se va a utilizar en el tratamiento es 6,7 ml por cada litro de agua a ser tratada.

3.1.6.2 DOSIFICACIÓN DE CLORO

El valor recomendado de dosificación del cloro es de 250 ml por cada 4 L de agua residual, en tal virtud, la cantidad de cloro necesaria para el volumen del tanque de desinfección es de 924 L.

3.2 PRESUPUESTO REAL

3.2.1 COSTO GENERAL

Tabla 3.2.1-1. Costo General de la planta de tratamiento

Denominación o Detalle	Costo (\$)
Homogenizador	3 000,00
Sedimentador	2 500,00
Filtros	2 000,00
Tanque de desinfección	1 800,00
Estructura para montaje de equipos	1 200,00
Acondicionamiento del terreno	1 000,00
Subtotal	11 500,00
IVA 12%	1 380
Total	12 880

Fuente: Proformas 2014

Realizado por: Carlos Villarroel

3.2.1.1 COSTO TOTAL

CT = costo general + imprevistos

Imprevistos (5%) = 644

CT = 12 880 + 644

CT = 13 524 dólares

3.2.2 COSTO DE REACTIVOS

Tabla 3.2.2-1. Costo de Reactivos para un tanque

Denominación o Detalle	Costo (\$)
Sulfato de aluminio	15,42
Cloro	46,25
Subtotal	61,67
IVA 12%	7,40
Total	69,07

Fuente: Proformas 2014

Realizado por: Carlos Villarroel

3.3 RESULTADOS

3.3.1 DATOS TÉCNICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Los datos técnicos bajo los cuales será construida la planta de tratamiento se describen a continuación:

HOMOGENIZADOR

Altura = 1,5 m

Área = 6,61 m²

Diámetro = 2,90 m

Diámetro del rotador = 1,93 m

Volumen = 11,51 m³

Potencia de las paletas = 0,017 W

SEDIMENTADOR

Altura = 1,5 m

Área = 6,62 m²

Volumen = 1,08 m³

Carga superficial = 24 m³ / m²día

Tiempo de retención = 1,74 h

Velocidad de arrastre = 0,26 m/s

Velocidad horizontal = 0,000276 m/s

FILTRACIÓN

Tasa media de filtración = $300 \left(\frac{m^3}{m^2 \text{ día}} \right)$

Área total de filtración = 0,05 m²

Área total de cada filtro = 0,025 m²

Número de filtros = 2

TANQUE DE DESINFECCIÓN

Área = 9,87 m²

Altura = 1,5 m

Volumen = 14,8 m³

3.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL AGUA TRATADA

Tabla 3.4-1. Análisis físico-químico y microbiológico del agua tratada

PARÁMETRO	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADOS MÁXIMOS	VALOR LÍMITE PERMISIBLE
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	0,3
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	21100	Remoción al 99,9 %
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	69	100
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	117	250

Continúa

Continuación

Nitrógeno + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,1	10,0
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	6,17	15
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	7,27	5-9
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	0,69	1,0
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	48	100
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	340	1600
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² 4 E	mg/L	56	1000
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ² - C y D	mg/L	0,293	0,5
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,31	0,5

Fuente: Datos experimentales de Laboratorio CESTTA
Realizado por: Carlos Villarroel

3.5 EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

$$Eficiencia = \frac{R_i - R_f}{R_i} \times 100 \quad \text{Ec. 3.5-1}$$

Dónde:

- R_i = resultado antes del tratamiento
- R_f = resultado después del tratamiento

$$Eficiencia = \frac{80\ 100 - 21\ 100}{80\ 100} \times 100$$

$$Eficiencia = 73,6 \%$$

Tabla 3.5-1. Determinación de la eficiencia de la planta de tratamiento

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO ANTES DEL TRATAMIENTO	RESULTADO DESPUÉS DEL TRATAMIENTO	EFICIENCIA (%)
Coliformes fecales	UFC/100 ml	80100	21100	73,6
Nitrógeno total	mg/L	24,26	6,17	74,6
Sólidos sedimentables	ml/L	4,17	0,69	83,5
Sólidos totales	mg/L	2100	340	83,8
% EFICIENCIA				78,9

Fuente: Datos experimentales
Realizado por: Carlos Villarroel

3.6 PROPUESTA

Para evitar contaminar el río en el cual se descarga el agua residual generada en el proceso de producción, se diseña una planta de tratamiento con el fin de que el agua cumpla con los estándares solicitados por el TULAS para poder realizar la descarga de forma segura.

En base a lo antes expuesto se propone un tratamiento que consta de los siguientes componentes:

HOMOGENIZADOR

El agua residual generada en la planta, antes de ser descargada al homogenizador atraviesa filtros colocados en los canales de recolección que se encuentran en el interior de la planta los mismos que dirigen el agua hacia una tubería de 4 pulg de diámetro colocada en el ingreso del homogenizador.

Al llega el agua al tanque de homogenización es agitada mediante paletas que giran con una potencia de 0,017 W. Mientras el agua es agitada se añade Sulfato de Aluminio $Al_3(SO_4)$ para flocular la materia residual presente en el agua y poder separarla fácilmente de la misma.

SEDIMENTADOR

El agua floculada ingresa al sedimentador en donde se decanta por acción de la gravedad, mientras los restos de grasas se retienen en las 3 placas dispuestas en el interior del tanque colocadas como trampa de grasas.

FILTRACIÓN

El agua sedimentada se dirige al área de filtración en la que existen 2 filtros de grava, antracita y carbón activado. Aquí se produce la retención de olores y partículas que no fueron retenidas en el proceso anterior.

DESINFECCIÓN

Finalmente el agua tratada ingresa a un tanque de desinfección en el cual se dosifica cloro con el fin de destruir microorganismos y coliformes fecales para mejorar la calidad del agua.

Diariamente se realiza la limpieza del tanque de homogenización y sedimentación para retirar lodos y grasas retenidas en los tanques.

3.7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.7.1 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Se realiza una prueba de operación de la planta de tratamiento antes del arranque definitivo de la misma con el fin de determinar si el diseño realizado es el más adecuado.

Para realizar la prueba de operación se utiliza el caudal máximo para el cual fue diseñada la planta de tratamiento $14,8 \text{ m}^3/\text{día}$ y se observa que el agua residual fluye con normalidad atravesando por cada uno de los tanques sin ocasionar acumulaciones ni derrames de fluido.

Además se determina que se tiene una buena formación de flóculos en el tanque homogenizador, los mismos que son fácilmente sedimentables en el proceso de sedimentación propuesto, así como también se verifica una buena retención de aceite y grasas en las trampas posicionadas en el tanque sedimentador.

Fácilmente se desarrolla el proceso de filtrado indicándonos que los filtros utilizados son muy adecuados para el tratamiento planteado y que la desinfección con cloro fue la mejor elección para eliminar los coliformes fecales presentes en el agua y demás microorganismos que existieran.

3.7.2 EFICIENCIA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Para garantizar el diseño de la planta de tratamiento de agua residual es necesario determinar la eficiencia de la misma mediante la comparación de los resultados obtenidos al realizar los análisis del agua antes y después del tratamiento que se muestra en la tabla 2.3.2.1-5 y la tabla 3.4-1.

Al realizar la comparación de los análisis se determina que la planta de tratamiento propuesta es adecuada y cumple con los requerimientos necesarios para lograr mejorar la calidad del agua que será descargada al río ya que la eficiencia promedio con la cual va a trabajar la planta es del 78,9 % tal como se muestra en la tabla 3.5-1.

Cada uno de los parámetros que se encontraban fuera de especificación según lo requerido por el TULAS se logró establecerlo dentro de los límites permitidos. Los coliformes fecales disminuyeron de 80100 a 21100 UFC/100 ml obteniéndose un rendimiento del 73,6 % tal como se observa en la figura 3.7.2-1, el nitrógeno total se redujo de 24,26 a 6,17 mg/L con un rendimiento del 74,6% indicado en la figura 3.7.2-2. Los sólidos sedimentables bajaron de 4,17 a 0,69 ml/L como se evidencia en la figura 3.7.2-3 obteniéndose un rendimiento del 83,5% y los sólidos totales tuvieron un rendimiento del 83,8% al bajar de 2100 a 340 mg/L tal como se muestra en la figura 3.7.2-4.

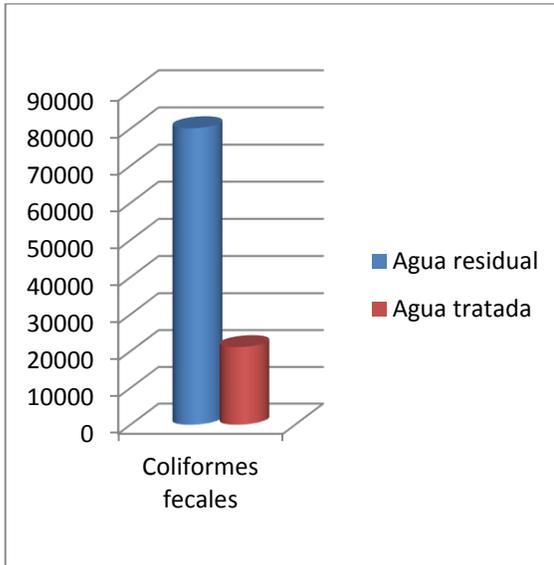


Figura 3.7.2-1 Coliformes fecales

Fuente: Carlos Villarroel

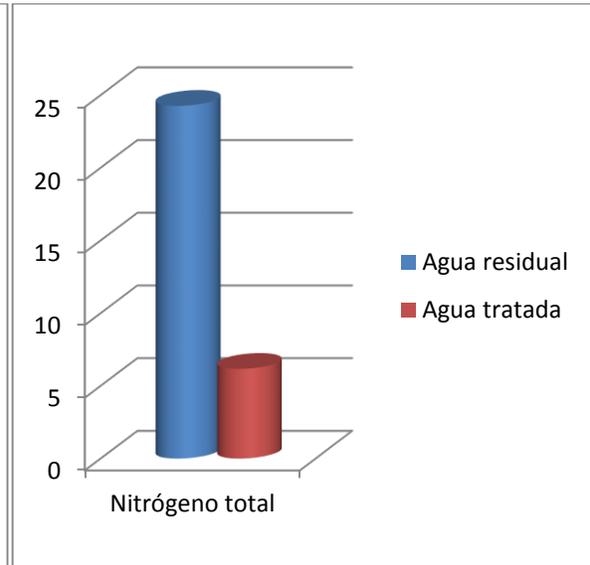


Figura 3.7.2-2 Nitrógeno total

Fuente: Carlos Villarroel

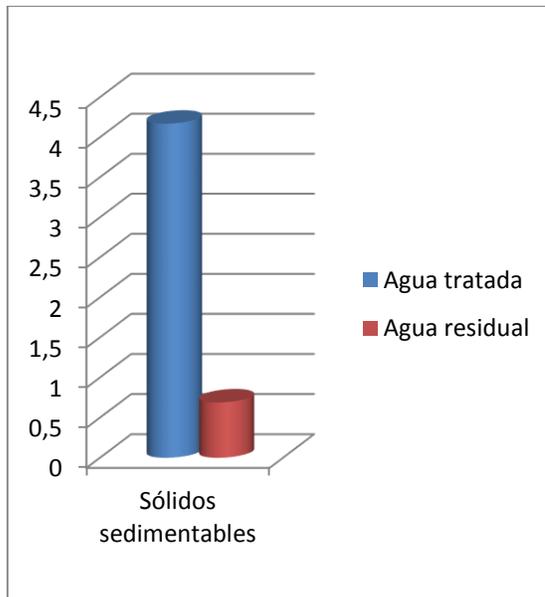


Figura 3.7.2-3 Sólidos sedimentables

Fuente: Carlos Villarroel

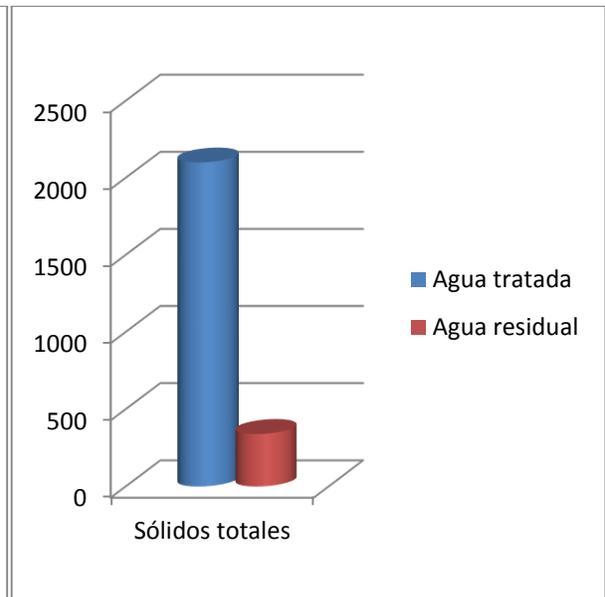


Figura 3.7.2-4 Sólidos totales

Fuente: Carlos Villarroel

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

1. El diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales en la planta de producción La Madrileña de Latacunga se desarrolló para mejorar la calidad del agua vertida al río y así evitar la contaminación del mismo eliminando posibles efectos negativos en los sectores aledaños al río.
2. Al realizar las pruebas físico-químicas y microbiológicas del agua residual se observa que se encuentra fuera de especificación las grasas y aceites, coliformes fecales, nitrógeno total, sólidos sedimentables y sólidos totales, razón por la cual esta agua no es apta para ser enviada al río según lo indicado por el TULAS.
3. La planta de tratamiento de agua residual consta de una tubería de 4 pulg de diámetro la misma que descarga hacia un tanque homogenizador en forma cilíndrica de 1,5 m de altura, 6,61 m² de superficie y un diámetro de 2,90 m seguido de un tanque sedimentador de 1,5 m de altura y 6,62 m² de superficie en el que se coloca 3 placas para que atrapen la grasa. Se dispone de 2 filtros de grava, antracita y carbón activado donde se retiene olores y restos que no fueron eliminados con la sedimentación de flóculos. Finalmente se cuenta con un tanque de desinfección de 1,5 m de altura, y 9,87 m² de superficie en el cual se añade cloro para eliminar los coliformes y así terminar con el tratamiento del agua.
4. Para poner en marcha la planta de tratamiento se realiza una prueba en la que se verifica que todos los procesos se desarrollen correctamente, evidenciándose que no existe un sobredimensionamiento de la planta.
5. La eficiencia promedio de la planta es de 78,9 %, lo que indica que se realizó un diseño acertado de la planta de tratamiento del agua residual ya que cada uno de los parámetros que se encontraban fuera de especificación se logró controlarlos y disminuirlos considerablemente obteniendo un rendimiento del 73,6% en la disminución de coliformes fecales, 74,6% en la reducción de nitrógeno total, 83,5% en la pérdida de sólidos sedimentables y un 83,8 % en la disminución de los sólidos totales.

6. El presupuesto requerido para la construcción de la planta de tratamiento de agua residual fue de 13 524 dólares en el cual está involucrado todos los costos incluido un imprevisto del 5%.

4.2 RECOMENDACIONES

1. Dar mantenimiento preventivo adecuado a cada uno de los tanques para que no deje de funcionar la planta de tratamiento ya que la generación de agua residual es diaria.
2. Limpiar periódicamente las placas del sedimentador a fin de eliminar la grasa que en ellas queda atrapada.
3. Intercambiar frecuentemente los filtros para limpiarlos y así evitar acumulaciones de residuos que pueden taponar los filtros.
4. Integrar un sistema de tratamiento de lodos a la planta para darles el debido uso a los generados durante el tratamiento del agua residual.
5. Realizar un control operativo frecuente y determinar puntos críticos en el proceso para evitar pérdida de eficiencia en el tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ **ARBOLEDA, J.**, Teoría y Práctica de Purificación de Agua., 2da. ed., Vega-Venezuela., 1987., Pp. 19-28
- ✓ **CÁCERES, O.**, Manual de desinfección de agua mediante cloración., 2da. ed., Perú Ministerio de Salud., 1979., Pp. 20-23
- ✓ **HENRY, H.**, Ingeniería Ambiental., 2da. ed., México DF-México., Prentice Hall., 1990., Pp. 446-451
- ✓ **KEMMER, F.**, Manual del Agua, Tratamiento y Aplicaciones., 3ra. ed., México DF-México., McGraw Hill., 1989., Pp. 30-45
- ✓ **PELCZAR, J, MICHAEL, J y REID R.**, Características Físico – Químicas de las aguas., 2da. ed., Madrid-España., McGraw Hill., 1966., Pp. 664
- ✓ **PÉREZ, J.**, Manual de potabilización del agua., 3da. ed., Medellín-Colombia., McGraw Hill., 1976., Pp. 455-498
- ✓ **PERRY, J.**, Manual del Ingeniero Químico., 2da. Ed., México DF-México., McGraw Hill., Riobamba-Ecuador., 1985., Pp. 55-79
- ✓ **ROMERO, J.**, Tratamiento de Aguas residuales, Teoría y Principio de Diseño., 2da. ed., Bogotá-Colombia., 2002., Pp. 400-448
- ✓ **STHANDAR METHODOS.**, Métodos normalizados para Análisis de aguas Residuales y Potables. American Public Health Water Pollution, control., 5ta. ed., Madrid-España., 1992., Pp. 2-170

INTERNET

- ✓ AGUA POTABLE
<http://www.netsalud.sa.cr/aya/club/chapto5.html>
2013-01-17

- ✓ CALIDAD DEL AGUA
http://html.rinconelvago.com/agua_9.html
2013-01-17

- ✓ MÉTODOS ANALÍTICOS PARA AGUAS RESIDUALES
http://www.ciencias-marinas.uvigo.es/bibliografia_ambiental/outros/Manual%20de%20fitodepuracion/Capitulos%20Anexos1.pdf
2013-03-25

- ✓ DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO TOTAL KJELDAHL
<https://www.imta.gob.mx/cotennser/images/docs/NOM/NMX-AA-026-SCFI-2001.pdf>
2013-03-25

- ✓ REJILLAS Y DISEÑO
http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc003/capitulo7.pdf
2013-10-11

- ✓ SEDIMENTADOR
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tale/documentos/lic/hammeken_a_am/capitulo5.pdf
2013-10-21

- ✓ FLOCULADORES
http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/floculación_tip.html#20
2013-10-21

✓ REJILLAS DE FILTRACIÓN

http://www.fisicanet.com.ar/quimica/industrial/ap07_operaciones_unitarias.php

2013-10-21

✓ REACTOR BIOLÓGICO

<http://html.rincondelvago.com/reactorbiologico.html>

2013-12-13

✓ PRUEBA DE JARRAS

<http://www.tecnoedu.com/Armfield/jarrasP.php>

<http://www.tecnoedu.com/Armfield/Flocula.php>

2013-09-07

ANEXO I

**Análisis físico-químico y microbiológico
semana 1**

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	322
ST:	14 -119 ANÁLISIS DE AGUA
Nombre Petitioner:	NA
Atn.	Carlos Villarroel
Dirección:	Latacunga, Avda. Unidad Nacional
FECHA:	05/03/2014
NÚMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LAB:	2014 / 02 / 22 09:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 02 / 21 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 02 / 22 – 2014 / 03 / 05
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 241-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	La Madrileña Latacunga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico – Químico, microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Carlos Villarroel
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	-	± 30%
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	80000	-	± 20%
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	66	-	± 33%
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	115	-	± 3%
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	2,9	-	-
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	24,26	-	-
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	8,89	-	± 0,15
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,00	-	-
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	50	-	± 20%
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2020	-	± 6%

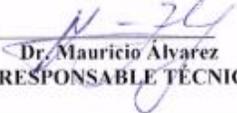
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p>LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p>Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p>LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	--

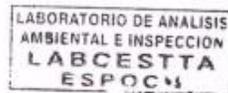
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² -4 E	mg/L	60	-	± 7%
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ² -C y D	mg/L	0,306	-	± 9%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,37	-	± 15%

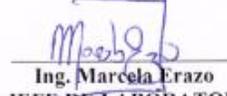
OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO II

**Análisis físico-químico y microbiológico
semana 2**

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	334
ST:	14 -119 ANÁLISIS DE AGUA
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Carlos Villarroel
Dirección:	Latacunga, Avda. Unidad Nacional
FECHA:	12/03/2014
NÚMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LAB:	2014 / 02 / 29 09:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 02 / 28 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 02 / 29 – 2014 / 03 / 012
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 253-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	La Madrileña Latacunga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico – Químico, microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Carlos Villarroel
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	-	± 30%
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	80000	-	± 20%
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	71	-	± 33%
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	112	-	± 3%
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	2,3	-	-
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	23,96	-	-
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N° B	Unidades de pH	8,43	-	± 0,15
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,11	-	-
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	53	-	± 20%
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2000	-	± 6%

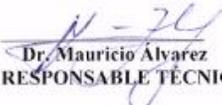
	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	
---	---	---

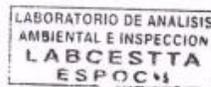
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² 4 E	mg/L	57	-	± 7%
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ² -C y D	mg/L	0,298	-	± 9%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,40	-	± 15%

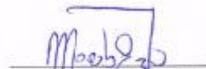
OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO III

**Análisis físico-químico y microbiológico
semana 3**

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

INFORME DE ENSAYO No:	345
ST:	14 -119 ANÁLISIS DE AGUA
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Carlos Villarroel
Dirección:	Latacunga, Avda. Unidad Nacional
FECHA:	19/03/2014
NÚMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LAB:	2014 / 03 / 08 09:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 03 / 07 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 03 / 08 – 2014 / 03 / 19
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTA:	LAB-A 264-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	La Madrileña Latacunga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico – Químico, microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Carlos Villarroel
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	-	± 30%
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	79000	-	± 20%
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	60	-	± 33%
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	121	-	± 3%
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,7	-	-
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	24,00	-	-
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ⁺ B	Unidades de pH	8,55	-	± 0,15
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	4,17	-	-
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	50	-	± 20%
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2100	-	± 6%

 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

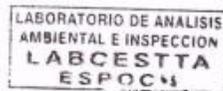
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ₄ E	mg/L	59	-	± 7%
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ²⁻ C y D	mg/L	0,300	-	± 9%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,29	-	± 15%

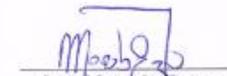
OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO IV

Análisis físico-químico y microbiológico

semana 4

	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	354
ST:	14-119 ANÁLISIS DE AGUA
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Carlos Villarroel
Dirección:	Latacunga, Avda. Unidad Nacional
FECHA:	26/03/2014
NÚMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LAB:	2014 / 03 / 15 09:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 03 / 14 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 03 / 15 – 2014 / 03 / 26
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESTTA:	LAB-A 273-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	La Madrileña Latacunga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico – Químico, microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Carlos Villarroel
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	-	± 30%
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 92221	UFC/100 ml	80100	-	± 20%
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	64	-	± 33%
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	112	-	± 3%
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,3	-	-
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	23,74	-	-
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N ^o B	Unidades de pH	7,93	-	± 0,15
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	3,99	-	-
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	50	-	± 20%
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	2100	-	± 6%

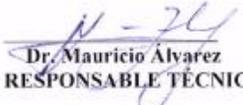
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

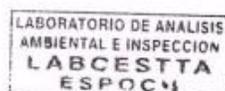
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² 4 E	mg/L	59	-	± 7%
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ² -C y D	mg/L	0,297	-	± 9%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,33	-	± 15%

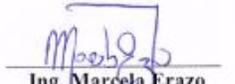
OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Mauricio Álvarez
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

ANEXO V

**Análisis físico-químico y microbiológico
del agua tratada**

 LABCESTTA Tecnología & Soluciones SGC	LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR	 LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:	987
ST:	14 -119 ANÁLISIS DE AGUA
Nombre Peticionario:	NA
Atn.	Carlos Villarroel
Dirección:	Latacunga, Avda. Unidad Nacional
FECHA:	23/11/2014
NÚMERO DE MUESTRAS:	1
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN EN EL LAB:	2014 / 11 / 15 09:00
FECHA DE MUESTREO:	2014 / 11 / 14 16:00
FECHA DE ANÁLISIS:	2014 / 11 / 15 – 2014 / 11 / 23
TIPO DE MUESTRA:	Agua residual
CÓDIGO LABCESSTA:	LAB-A 936-14
CÓDIGO DE LA EMPRESA:	NA
PUNTO DE MUESTREO:	La Madriñena Latacunga
ANÁLISIS SOLICITADO:	Físico – Químico, microbiológico
PERSONA QUE TOMA LA MUESTRA:	Carlos Villarroel
CONDICIONES AMBIENTALES DE ANÁLISIS:	T máx.: 25.0 °C. T mín.: 15.0 °C

RESULTADOS ANALÍTICOS:

PARÁMETROS	MÉTODO/NORMA	UNIDAD	RESULTADO	VALOR LÍMITE PERMISIBLE	INCERTIDUMBRE (k=2)
Grasas y aceites	PEE/LABCESTTA/42 Standard Methods No. 5520 B	mg/L	<2	-	± 30%
Coliformes fecales	PEE/LABCESTTA/48 Standard Methods No. 9222 D y 9222I	UFC/100 ml	21100	-	± 20%
Demanda bioquímica de oxígeno (5días)	PEE/LABCESTTA/46 Standard Methods No. 5210 B	mg/L	69	-	± 33%
Demanda química de oxígeno	PEE/LABCESTTA/09 Standard Methods No. 5220 D	mg/L	117	-	± 3%
Nitratos + Nitritos	PEE/LABCESTTA/16 Standard Methods No. 4500 NO ₃	mg/L	3,1	-	-
Nitrógeno total	Kjeldhal	mg/L	6,17	-	-
Potencial de hidrógeno	PEE/LABCESTTA/05 Standard Methods No. 4500-N° B	Unidades de pH	7,27	-	± 0,15
Sólidos sedimentables	PEE/LABCESTTA/56 Standard Methods No. 2540 F	ml/L	0,69	-	-
Sólidos suspendidos	PEE/LABCESTTA/13 Standard Methods No. 2540 D	mg/L	48	-	± 20%
Sólidos totales	PEE/LABCESTTA/10 Standard Methods No. 2540 B	mg/L	340	-	± 6%

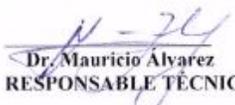
 <p>LABCESTTA Tecnología & Soluciones</p> <p>SGC</p>	<p align="center">LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL E INSPECCIÓN</p> <p align="center">Panamericana Sur Km. 1 1/2 Telefax: (03) 2998232 ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS RIOBAMBA-ECUADOR</p>	 <p align="center">LABORATORIO DE ENSAYOS N° OAE LE 2C 06-008</p>
--	---	---

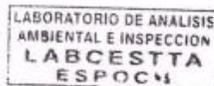
Sulfatos	PEE/LABCESTTA/18 Standard Methods No. 4500-SO ² -4 E	mg/L	56	-	± 7%
Sulfuros	PEE/LABCESTTA/19 Standard Methods No. 4500-S ² -C y D	mg/L	0,293	-	± 9%
Tensoactivos	PEE/LABCESTTA/44 Standard Methods No. 5540 C	mg/L	0,31	-	± 15%

OBSERVACIONES:

- Muestra transportada en refrigeración
- Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del OAE

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Mauricio Alvarez
RESPONSABLE TÉCNICO



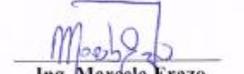

Ing. Marcela Erazo
JEFE DE LABORATORIO

FOTO 1
HOMOGENIZADOR



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA: PLANTA DE TRATAMIENTO	No: 1
FECHA: 2014/05/28	NOMBRE: Carlos Walter Villarroel Scotland	

FOTO 2
SEDIMENTADOR



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA: PLANTA DE TRATAMIENTO	No: 2
FECHA: 2014/05/28	NOMBRE: Carlos Walter Villarroel Scotland	

FOTO 3

FILTROS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA: PLANTA DE TRATAMIENTO	No: 3
FECHA: 2014/05/28	NOMBRE: Carlos Walter Villarroel Scotland	

FOTO 4
TANQUE DE DESINFECCIÓN



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	TEMA: PLANTA DE TRATAMIENTO	No: 4
FECHA: 2014/05/28	NOMBRE: Carlos Walter Villarroel Scotland	