



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental”

TRABAJO DE GRADUACIÓN.

**“DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES QUE SON GENERADAS EN EL CAMPUS EDISON RIERA
KM 1 ½ VÍA A GUANO PARA SU REUTILIZACIÓN EN EL RIEGO DE
ÁREAS VERDES.”**

Autor: Andrés Paúl Cáceres Mena

Director de tesis:

Ing. Marco Pino Vallejo

Riobamba-Ecuador

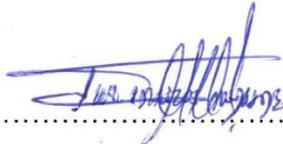
Año: 2015

CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal. Luego de haber receptado la defensa del trabajo escrito, hemos determinado la siguiente calificación.

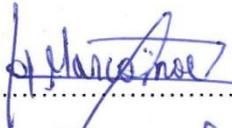
Para la constancia de lo expuesto firman:

Ingeniera Patricia Andrade Msc.
Presidente del Tribunal



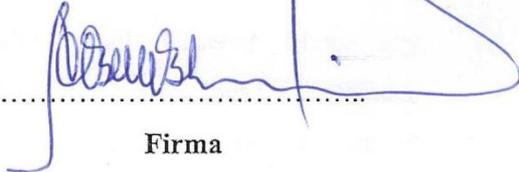
.....
Firma

Ingeniero Marco Pino.
Director



.....
Firma

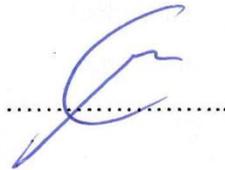
Ingeniero Alfonso Burbano.
Miembro del Tribunal



.....
Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

Yo, Andrés Paúl Cáceres Mena soy responsable de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas expuestas en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'C' followed by a few horizontal strokes, positioned above a dotted line.

Nombre: Andrés Cáceres.

Cedula: 060378002-4

AGRADECIMIENTO

Con mi boca daré abundantes gracias al Señor, y en medio de la multitud le alabaré. -Salmos 109:30

Porque Dios me ha dado sabiduría y fuerza, para seguir adelante y lo más importante la vida y la salud para poder compartir con mi amada familia.

Agradezco a todas las personas docentes, familia, y asesores de tesis por brindarme su apoyo incondicional en el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Con infinita y felicidad dedico este trabajo de investigación a mis padres, hermanos, esposa e hija, en especial a mi Madre y mi hermano Danilo por el apoyo incondicional y toda la confianza que depositaron en mí para finalizar con esta gran meta de mi vida ya que “No nos ha dado Dios espíritu de cobardía, sino de poder, de amor y de dominio propio (2. Tim. 1, 7)” para cumplir con todos nuestros propósitos en bendición de Dios.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ii
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES.....	iv
RESUMEN.....	v
SUMMARY.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	2
1.1 Aguas residuales.....	2
1.2 Sistema de recolección de aguas residuales de acuerdo a sus características.....	2
1.3 División de la materia orgánica en aguas residuales.....	3
1.4 Características de las aguas residuales.	4
1.5 Niveles de tratamiento de aguas residuales y normas de calidad.....	7
1.6 La reutilización de aguas residuales.....	7
1.7 Muestreo de aguas residuales.	11
1.8 Tratamiento de aguas residuales.....	16
1.9 Aplicación de procesos y operaciones de tratamiento para aguas residuales.....	21
1.10 Operación y mantenimiento de una planta de tratamientos.	24
1.11 Criterios para el diseño.	25
CAPÍTULO II.....	39
2. Metodología.....	39

2.1	Tipo de estudio.....	39
2.2	Población y Muestra.....	40
2.3	Operacionalización de variables.....	40
2.4	Procedimientos.....	43
2.5	Procesamiento y análisis.....	45
CAPÍTULO III.....		60
3.	Resultados.....	60
CAPÍTULO IV.....		72
DISCUSIÓN.....		72
CAPÍTULO V.....		74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		74
5.1	CONCLUSIONES.....	74
5.2	RECOMENDACIONES.....	75
CAPÍTULO VI.....		76
PROPUESTA.....		76
6.1	Título de la propuesta.....	76
6.2	Introducción.....	76
6.3	Objetivos.....	77
6.4	Fundamentación Científico –Técnica.....	77
6.5	Descripción de la propuesta.....	83
6.6	Diseño Organizacional.....	134
6.7	Monitoreo y Evaluación de la propuesta.....	134
VII. BIBLIOGRAFÍA.....		137
VIII. APÉNDICES Y ANEXOS.....		138

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Planos del Campus Edison Riera.....	139
Anexo 2	Visita in situ al lugar del proyecto.....	140
Anexo 3	Muestreo y recolección de muestras para análisis.....	141
Anexo 4	Pruebas de campo.....	142
Anexo 5	Pruebas de Laboratorio.....	143
Anexo 6	Pruebas de tratabilidad físico-químicas.....	144
Anexo 7	Pruebas de tratabilidad biológicas.....	145
Anexo 8	Límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce.....	146
Anexo 9	Límites permisibles para el uso del agua en riego agrícola.....	149
Anexo 10	Consideraciones de diseño para rejillas.....	151
Anexo 11	Estándares de diseño para sedimentadores primarios.....	151
Anexo 12	Parámetros de diseño y operación de lodos activados.....	152
Anexo 12.1	Coeficientes cinéticos para procesos de lodos activado.....	153
Anexo 12.2	Coeficientes cinéticos para tratamiento biológico aeróbico.....	153
Anexo 12.3	Microorganismos comunes en el proceso de lodos activados...	154
Anexo 13	Dosis de cloro para desinfección de aguas residuales domesticas.....	155
Anexo 14	Diámetro de tuberías.....	155
Anexo 15	Eficiencia del compresor.....	156
Anexo 16	Coeficiente de fricción de Fanning.....	156
Anexo 17	Rugosidad de acuerdo al material de la tubería.....	157
Anexo 18	Perdidas por fracción en tuberías.....	157
Anexo 19	Planos de la planta de tratamientos de aguas residuales.....	159

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1	Contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual...	5
Tabla 2	Preservativos y periodos máximos de almacenamiento para diferentes parámetros físico-químicos del agua residual.....	13
Tabla 3	Parámetros de mayor importancia.....	15
Tabla 4	Operación y aplicación de las operaciones unitarias.....	18
Tabla 5	Procesos químicos más usados.....	19
Tabla 6	Determinación de flujos de diseño.....	21
Tabla 7	Cantidades de residuos gruesos, y función de las cribas.....	26
Tabla 8	Consideraciones de diseño de rejillas de limpieza manual o mecánica.....	26
Tabla 9	Coefficiente de pérdida para rejillas.....	30
Tabla 10	Variable Dependiente.....	41
Tabla 11	Variable Independiente.....	42
Tabla 12	Medición de Caudales Campus Edison Riera Mañana.....	46
Tabla 13	Medición de Caudales Campus Edison Riera Tarde.....	47
Tabla 14	Parámetros de medición de Campo pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto y Conductividad.....	60
Tabla 15	Resultados de la medición de caudales.....	61
Tabla 16	Análisis de Laboratorio.....	62
Tabla 17	Caracterización del agua residual para tratamiento físico químico.....	64
Tabla 18	Dosificación óptima de coagulantes en el tratamiento físico químico.	66

Tabla 19	Porcentaje de remoción por aireación prolongada.....	67
Tabla 20	Comparación de los tratamientos de acuerdo al porcentaje de remoción.....	69
Tabla 21	Comparación de tratamientos por los requerimientos de funcionalidad.....	70
Tabla 22	Comparación de los parámetros del agua cruda y tratada con la normativa ambiental.....	71
Tabla 23	Remoción de constituyentes.....	80
Tabla 24	Datos para determinar el diseño de rejillas.....	83
Tabla 25	Resultados diseño de rejillas.....	87
Tabla 26	Datos para el dimensionamiento del tanque homogenizador.....	87
Tabla 27	Resultados para el dimensionamiento del tanque.....	90
Tabla 28	Datos para el dimensionamiento del sedimentador primario.....	91
Tabla 29	Resultados para el dimensionamiento del tanque sedimentador primario.....	94
Tabla 30	Datos iniciales de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua residual cruda.....	94
Tabla 31	Resultados de los parámetros físico-químicos del agua residual tratada.....	95
Tabla 32	Datos para el dimensionamiento del tanque de aireación.....	96
Tabla 33	Resultados para el dimensionamiento del tanque de aireación.....	99
Tabla 34	Datos para el dimensionamiento del sedimentador secundario.....	100
Tabla 35	Resultados para dimensionar del tanque sedimentador secundario.....	102

Tabla 36	Datos para el dimensionamiento del tanque de cloración.....	105
Tabla 37	Resultados del dimensionamiento del tanque de cloración.....	107
Tabla 38	Datos para calcular el diámetro de las tuberías.....	107
Tabla 39	Resultados para calcular el diámetro de las tuberías.....	109
Tabla 40	Datos para calcular la potencia del compresor.....	109
Tabla 41	Datos para determinar la presión absoluta de salida.....	110
Tabla 42	Datos para calcular la potencia del compresor.....	111
Tabla 43	Resultados para calcular la potencia del compresor.....	113
Tabla 44	Datos para obtener el Número de Reynolds.....	114
Tabla 45	Datos para calcular las pérdidas por Análisis de precios unitarios de la Planta de Tratamientos.....	115
Tabla 46	Datos para determinar la velocidad inicial de entrada a la bomba.....	116
Tabla 47	Datos para determinar la velocidad de salida de la tubería.....	118
Tabla 48	Datos para calcular la energía cinética en el sistema.....	119
Tabla 49	Datos para calcular la energía potencial.....	121
Tabla 50	Datos para calcular las pérdidas por el sistema de tuberías.....	121
Tabla 51	Datos para calcular las pérdidas por accesorios.....	123
Tabla 52	Resultados Para la selección de la Bomba.....	125
Tabla 53	Matriz para la calificación utilizando el factor cualitativo.....	127
Tabla 54	Análisis de precios unitarios de la Planta de Tratamientos.....	131
Tabla 55	Costos de construcción y mano de obra.....	132
Tabla 56	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	149

ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Figura 1	Subdivisión de la materia orgánica en las aguas residuales.....	3
Figura 2	Aforamiento de caudales.....	45
Figura 3	Medición de Parámetros in situ con el equipo Hach.....	48
Figura 4	Determinación de DBO.....	50
Figura 5	Determinación de DQO.....	51
Figura 6	Determinación de turbidez.....	52
Figura 7	Determinación de color.....	53
Figura 8	Determinación de sólidos en suspensión.....	54
Figura 9	Determinación de solidos sedimentables.....	55
Figura 10	Determinación de coliformes totales y fecales.....	56
Figura 11	Clarificación por floculación y Coagulación.....	58
Figura 12	Tratamiento biológico por lodos activados.....	59
Figura 13	Caudales de las descargas de aguas residuales del Campus Edison Riera.....	61
Figura 14	Parámetros físico químicos y biológicos del agua residual analizados en el laboratorio.....	63
Figura 15	Parámetro bacteriológico del agua residual analizado en el laboratorio.....	63
Figura 16	Caracterización de los parámetros del agua residual para el tratamiento físico-químico.....	65
Figura 17	Porcentaje de remoción de parámetros físico químicos en las pruebas de clarificación.....	66
Figura 18	Porcentaje de remoción de aguas residuales por medio del tratamiento biológico.....	67

Figura 19	Porcentaje de remoción de parámetros bacteriológico de aguas residuales por medio del tratamiento biológico.....	68
Figura 20	Comparación de los tratamientos de acuerdo al porcentaje de remoción.....	69
Figura 21	Diagrama de los sistemas de tratamiento.....	78
Figura 22	Representación Gráfica de los puntos A y B dentro del Campus.....	128
Figura 23	Emplazamiento de la planta.....	129

RESUMEN.

La propuesta para el DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL CAMPUS EDISON RIERA KM $\frac{1}{2}$ VÍA A GUANO, de la Universidad Nacional de Chimborazo, ubicada al Nor-Este de la ciudad de Riobamba en la avenida Simón Bolívar, ha llevado a buscar alternativas para la disposición de las descargas de aguas residuales que son generadas en el campus debido a las actividades cotidianas de estudiantes, docentes y trabajadores.

El muestreo de las aguas residuales inició con la determinación de caudales mediante el método volumétrico en donde se utilizó un recipiente plástico graduado y un cronómetro, el cual permitió medir el caudal promedio, máximo y mínimo generado en el campus. Posteriormente el análisis in situ de algunos parámetros físico-químicos como temperatura, pH, conductividad y oxígeno disuelto fueron tomados con un equipo de campo multiparámetros. La recolección de muestras para la caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales fue tomada en varios recipientes estériles de un litro como muestras simples y posteriormente refrigeradas hasta llegar al laboratorio de Servicios Ambientales en donde todas las muestras simples recogidas diariamente se mezclaron para formar una muestra compuesta representativa del efluente.

Con las muestras de aguas residuales se procedió a realizar las pruebas de tratabilidad Físico-químicas, “Pruebas de jarras” y pruebas Biológicas por “Lodos activados”. En las pruebas de jarras se determinó la dosificación óptima de floculantes y coagulantes para disminuir ciertos parámetros de contaminación y en las pruebas por lodos activados se trabajó con un tiempo de aireación continuo las 24 horas al día por un mes aproximadamente en donde fueron analizando los parámetros de Oxígeno disuelto, pH, Demanda Bilógica de Oxígeno, Demanda química de Oxígeno, Turbidez, Sólidos Suspendidos, Coliformes fecales y totales.

La remoción de contaminantes de las aguas residuales mediante las pruebas de tratabilidad biológicas y físico-químicas realizadas bajo condiciones controladas en

el laboratorio permitieron determinar la selección del tratamiento óptimo de acuerdo a la comparación en los porcentajes de reducción de contaminantes presentes en las aguas. Se identificó que el tratamiento físico-químico por floculación y coagulación en las pruebas de tratabilidad tuvo un porcentaje de remoción del (77.84%) menor que el tratamiento biológico con porcentajes del (89.14%) con el cual se va a dimensionar el sistema de tratamiento por lodos activados que está provisto de los siguientes procesos unitarios; un tanque homogenizador, un sedimentador primario, un tanque de aireación prolongada por lodos activados, un sedimentador secundario, un tanque de cloración, y los accesorios y equipos que se requieren para su funcionamiento.

El agua tratada por medio de un tratamiento biológico permitirá mantener parámetros físico-químicos y biológicos adecuados para su reutilización en el riego de áreas verdes dentro del Campus, cumpliendo así con los parámetros establecidos por la Ley de Gestión Ambiental vigente.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE IDIOMAS



Lcdo. Luis Guadalupe Bravo

30/07/2015

SUMMARY

The proposal for the DESIGN OF A WASTEWATER TREATMENT IN THE CAMPUS "EDISON RIERA" AT 1 ½ KM ON THE WAY TO GUANO, of Chimborazo National University, located at the North-East of Riobamba city in Simon Bolivar avenue, it has lead us to seek alternatives for a wastewater disposal discharges that are generated in the campus due to the daily activities of students, teachers and workers

The wastewater sampling started with the determination of flow by the volumetric method where a plastic container graduate and stopwatch was used, which allowed measured the average flow, maximum and minimum generated on campus. Then in situ analysis of some physical-chemical parameters like temperature, pH, conductivity, and dissolved oxygen were taken with multiparameter field equipment. The collection of samples for physic-chemical and microbiological characteristics of wastewater was taken in several sterile containers of one liter samples and then cooled until the laboratory for environmental services where all simple daily samples collected were mixed to form a representative composite sample of effluent.

With samples of wastewater have proceeded treatability testing physical-chemical, jar test and biological test by the activated sludge method. the jar tests on the optimal dosage of flocculants and coagulants was determined to reduce certain pollution parameters end testing by activated sludges was working with a continuous aeration time 24 hours a day for about a month where they were discussing the parameters of dissolved oxygen, pH, biological oxygen the demand, chemical oxygen demand, turbidity, suspended solids, fecal and total coliforms.

The remove of contaminants from wastewater using biological test in physical-chemical treatability carried out under controlled conditions in the laboratory allowed to determine the selection of the optimal treatment according to the comparison in the percentages of reduction of contaminants in the water.

CENTRO DE IDIOMAS



COORDINACION

to determine the selection of the optimal treatment according to the comparison in the percentages of reduction of contaminants in the water.

It was identified that the physic-chemical treatment by flocculation and coagulation treatability test had removed rate of (77.84%), less then biological treatment with percentages of (89.14%) with which it is to size the system activated sludge treatment that is provided with the following unitary processes:; a homogenizer tank, primary clarifier, an aeration tank activated sludge extended, a secondary clarifier tank, a chlorination tank and accessories and equipment required for its operation.

The treated water through a biological treatment will maintain educate physical-chemical and biological parameters to reduce reuse in irrigation of green areas within the campus thus complying with the parameters set by the environmental management act effected.



INTRODUCCIÓN

El Campus Edison Riera de la Universidad Nacional de Chimborazo, ubicado al Nor-este del cantón Riobamba, perteneciente a la Parroquia Velasco en el km ½ vía a Guano, genera efluentes de aguas residuales que son descargados por una tubería general al alcantarillado público de la ciudad sin ningún tratamiento previo.

La eliminación de aguas residuales no tratadas produce impactos ambientales negativos en los cuerpos de agua receptores, en función de la concentración de contaminantes que dichas aguas contengan. El dar un tratamiento a las aguas residuales, a través del conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico conlleva a la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas residuales del Campus.

La finalidad de estas operaciones es obtener aguas residuales tratadas con las características adecuadas para su reutilización en el riego de áreas verdes, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final tomando en cuenta que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano, animal y agrícola, estos se organizan con frecuencia en tratamientos de depuración que debe contar con obras de infraestructura y planificación, personal, mantenimiento, suministro e insumos.

Este documento contiene el estudio del diseño del tratamiento de las aguas residuales provenientes de la institución. Este diseño se basa en el conjunto de operaciones unitarias cuya meta es acondicionar estas aguas residuales a los niveles permisibles que dicta la ley de gestión ambiental y posteriormente su reutilización para el riego de las áreas verdes.

CAPÍTULO I.

1.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

1.1 Aguas residuales.

El Texto Unificado Legislación Secundaria, Medio. Ambiente (TULSMA, 2008) establece directrices para las aguas cuya composición diversa proviene de las descargas de efluentes domésticos, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, municipales, y demás actividades dependiendo de su uso, que han sido degradados y ha existido un cambio en su calidad inicial.

Los efluentes de aguas residuales contienen patógenos y muchos elementos contaminantes; es por ello que dar una definición a las aguas residuales se torna complejo, esto depende de las características cualitativas y cuantitativas de los procesos de producción de efluentes, detallando así una gran diferencia entre industrias y población, que a su vez difieren en los sistemas de recolección. (Gómez y Hontoria, 2003).

1.2 SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE ACUERDO A SUS CARACTERÍSTICAS:

- Aguas residuales de origen doméstico, provenientes de áreas urbanas.
- Infiltración de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado público.
- Escorrentías superficiales, que contienen metales pesados.
- Aguas procedentes de actividades hospitalarias o industriales.

Las áreas residenciales y comerciales generan aguas residuales urbanas, y su cantidad varía de acuerdo al número de población, es por ello que mediante un cálculo estadístico se determina el caudal equivalente de acuerdo a la variabilidad

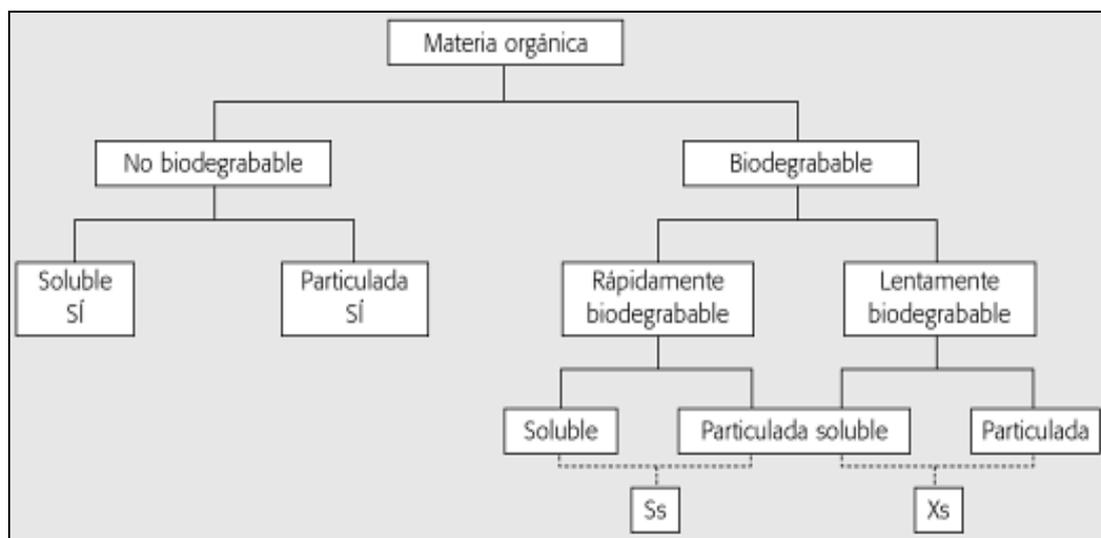
horaria de las descargas generadas y se determinan de acuerdo a su composición físico-químicos y biológicos en relación a parámetros que establecen grados de contaminación de las aguas residuales. (Metcalf y Eddy, 1995)

1.2.1 Aguas residuales urbanas.

La principal característica del agua residual urbana, es la carga de materia orgánica, que se generan en los efluentes domésticos; se presentan en forma disuelta o coloidal, son de propiedad reductora ya que consumen el oxígeno presente en el agua. También existen compuestos inorgánicos, elementos peligrosos y sustancias toxicas. (Gómez y Hontoria, 2003).

1.3 DIVISIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN AGUAS RESIDUALES.

La materia orgánica presente en las aguas residuales se subdividen de acuerdo las siguientes consideraciones, (Grafico 1); biodegradable y la no biodegradable. (Gerard J, 2007).



. **Figura 1.** Subdivisión de la materia orgánica en las aguas residuales

Fuente: Mapa conceptual explicativo de Henze (2007)

Las aguas residuales con alta carga orgánica afecta de manera directa a la microbiota del medio, provocando la eutrofización del sistema, y la aparición de elementos tóxicos que afectarán a la salud de quien lo consuma. Por aquello el tratamiento de las aguas residuales se determinaran en base a su bidegradabilidad o no, para su reutilización.¹

1.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La calidad de las aguas residuales está dada por sus características en base a sus parámetros físicos, químicos y biológicos, así como su flujo. Debido a las principales características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales y las principales fuentes de contaminación. (Gómez y Hontoria, 2003).

La mayoría de parámetros mantienen una correlación; la temperatura, propiedad física altera la actividad biológica y la cantidad de gases disueltos en el agua. Dentro de estos parámetros hay algunos de valor indicativo en la selección del tratamiento adecuado para la desinfección o purificación del agua; solidos suspendidos, orgánicos biodegradables, microorganismos patógenos, nitrógeno, fosforo, metales pesados y solidos inorgánicos disueltos. (Metcalf y Eddy, 1998).

Cuando el agua residual va a ser reutilizada, es necesario considerar el contenido de materiales orgánicos bioestables, metales pesados y tipos de solidos inorgánicos disueltos, (Sawyer y Maccarty 1994).

Las características de las aguas residuales de una comunidad tienen grandes variaciones que dependen de factores como el consumo de agua potable, el tipo de sistema de alcantarillado, la existencia de sistemas individuales de disposición de excretas y la presencia de desechos industriales, ver (Tabla No. 1).

¹ Francisco Osorio Robles, Juan Carlos Torres Rojo, Mercedes Sánchez Bas. Madrid 2010. Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes, aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales.

Es importante reconocer la presencia de variaciones horarias, diarias, semanales y estacionales, tanto en lo relativo a concentraciones como caudales².

Tabla No. 1 Contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual.

Contaminante	Razón de la importancia
Sólidos en suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando e vierten aguas residuales sin tratamiento en el entorno acuático.
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales. La materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la Demanda bilógica de oxígeno y de la demanda química de oxígeno. Si se descargan al entorno sin tratar su estabilización biológica pueden agotar los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el oxígeno como el fosforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento.

² Raudel Ramos Olmos, Rubén Sepúlveda Marqués y francisco Villalobos Moreno. California 2002. Agua en el ambiente: Muestreo y análisis.

	<p>Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.</p>
<p>Materia orgánica refractaria.</p>	<p>Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplo los agentes tensoactivos, fenoles y pesticidas agrícolas.</p>
<p>Metales pesados.</p>	<p>Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales y pueden ser necesario eliminarlos si se pretenden reutilizar el agua residual.</p>
<p>Sólidos inorgánicos disueltos.</p>	<p>Los constituyentes inorgánicos como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua, y es posible que deban eliminarse si se va a reutilizar el agua residual.</p>

Fuente: Metcalf y Eddy, Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento vertido y reutilización, 3ª ed., McGraw-Hill, Mexico, 1998.

1.5 NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Y NORMAS DE CALIDAD DE LAS AGUAS.

El grado de tratamiento requerido para agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente. Las normas de calidad de las aguas están basadas en uno o dos criterios: calidad de las aguas superficiales o normas de límites de vertidos. (Metcalf y Eddy, 1998).

Las normas de calidad de aguas superficiales incluyen el establecimiento de calidad de aguas de los receptores, aguas abajo del punto de descarga, mientras que las normas de limitación de vertidos establecen la calidad de las aguas residuales en su punto de vertido mismo. (Shelef, 1996).

Una desventaja de las normas de limitación de vertidos es que no establece contrales sobre el total de cargas contaminantes vertidas en los receptores, (Metcalf y Eddy, 1998).

1.6 LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.

Según Asano (1996), la reutilización de aguas residuales es el proceso biológico o físico-químico que sufre el agua mediante un tratamiento, para su aprovechamiento en actividades benéficas. La planificación directa para la reutilización de aguas residuales, requiere de un sistema de transportación por tuberías para su recuperación y distribución. La planificación indirecta para la reutilización de aguas residuales sirve para ser retirada de los vertidos aguas abajo.

La reutilización del agua residual, para el aprovechamiento en procesos industriales o usos urbanos, atraviesan tratamientos, que permiten obtener una mejor calidad del agua para aprovecharla sin desperdiciarla, de esa manera solucionar problemas ambientales que generan los efluentes contaminados. La demanda de agua de algunas regiones a nivel mundial, ocasiona que el buen uso y reutilización de las

aguas residuales incremente de una manera notable para la recuperación de sus efluentes, primordialmente cuando las fuentes de agua son escasas o lejanas. (Shelef, 1996).

Existen diversos campos para la reutilización de aguas residuales, de acuerdo al tipo de planificación, para el uso recreativo, municipal, uso agrícola, para uso doméstico en servicios higiénicos, uso en procesos industriales, entre otros. La gestión para el aprovechamiento de los recursos hídricos procura generar alternativas e innovación para abastecer las necesidades de actividades económicas y sociales, suponiendo un gran ahorro por el suministro del recurso hídrico y un sistema ecológicamente sustentable. (Metcalf y Eddy, 1998).

La reutilización de las aguas residuales satisfacen las necesidades futuras del suministro de agua existente y el desarrollo de alternativas para la gestión en la conservación de cuencas hidrográficas. (Asano, 1996).

El tratamiento para la reutilización de aguas residuales supone un análisis profundo para planificar la recuperación del agua, es así que se determina el tipo de tratamiento, la infraestructura, la calidad del tratamiento, los costos de mantenimiento y producción bajos para que sea relativamente sustentable. Es por ello que una planificación óptima debe llevarse a cabo mediante el uso eficiente de los recursos hídricos, suministrando efluentes de buena calidad para proyectos de riego en su mayoría. (Metcalf y Eddy, 1998).

1.6.1 El aprovechamiento de las aguas residuales para el riego espacios verdes públicos, agrícolas y sus limitaciones.

El aprovechamiento de aguas residuales para riego sirve como un mecanismo de conservación y eficiencia de los recursos hídricos. Esto se da primordialmente en zonas áridas o desérticas ya que la demanda de agua para riego agrícola alcanza un porcentaje de más del 80% siendo de gran prioridad para la sustentabilidad

alimentaria de la población, siendo así el agua para riego indispensable para su reutilización.

Deberá existir un control sanitario para el aprovechamiento del agua, para preservar la fertilidad del suelo (características hidrogeológicas, orgánicas y minerales) garantizando la producción de alimentos higiénicos y de calidad.³

1.6.2 Limitantes para el uso del agua en riego, composición de las aguas residuales:

- **Sólidos suspendidos:** generan depósitos de lodos que crean condiciones anaeróbicas sobre el suelo, que además provocan taponamientos en el sistema de riego.
- **Materia orgánica biodegradable:** Los carbohidratos, grasas y proteínas agotan las reservas de oxígeno disuelto, variando así el DQO y el DBO5 (Demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno), desarrollándose condiciones sépticas en el medio.
- **Nutrientes:** Nutrientes como potasio, fosforo, y nitrógeno aportan con micronutrientes al agua de riego, pero en exceso provoca daños sobre el suelo y aguas subterráneas.
- **Patógenos:** Pueden producir diferentes enfermedades ante la presencia de bacterias, protozoos y virus, provocando enfermedades al consumir los productos que han sido regados por agua contaminada, entre los más comunes tenemos; rotavirus y coliformes fecales.

3 Jornadas sobre Tratamiento de Aguas Residuales Industriales conectadas a Redes Públicas de Alcantarillado. 2005 7 de 16

(<http://www.esamur.com/jornadas/ponencias/ponencia44.pdf>)

- **Materia orgánica no biodegradable:** elementos tóxicos que no se degradan en el tratamiento de aguas residuales, y algunos de ellos son los siguientes: pesticidas, órganoclorados y fenoles que limitan el riego.
- **Metales pesados:** Los metales pesados como mercurio, plomo, zinc, cadmio, entre otros, provienen principalmente de procesos industriales, afectan a los cultivos por sus características toxicológicas.
- **PH:** El pH del agua altera solubilidad de los metales y modifican la estabilidad del suelo.
- **Conductividad eléctrica:** Una excesiva salinidad derivada de la presencia de iones Ca, B, Mg, Na, Cl, produce daños en los cultivos provocando problemas de permeabilidad en la capa superficial del suelo.
- **Cloro residual:** Concentraciones de radicales de cloro libre mayor que 0,5 mg/l, limitan la aplicación del agua a cultivos sensibles.

Estos parámetros permiten adecuar el tratamiento adecuado para las aguas residuales y su reutilización en riego, de acuerdo al tipo de cultivo.⁴

1.6.3 Reutilización y salud pública.

Los procesos de reutilización y recuperación de aguas residuales, exige parámetros para mantener la salud pública, ante la inminente presencia de agentes infecciosos en el agua. Romero (2000) expresa que el tratamiento para la reutilización de aguas residuales, tiene como objetivo, disminuir los patógenos y microorganismos de origen viral, bacteriano, protozoario presentes en el medio como medida de seguridad.

4 Jornadas sobre Tratamiento de Aguas Residuales Industriales conectadas a Redes Públicas de Alcantarillado. 2005 7 de 16

(<http://www.esamur.com/jornadas/ponencias/ponencia44.pdf>)

Se deberán tomar en cuenta las medidas de calidad para su reutilización, como la eliminación de olores y sólidos suspendidos que en este caso afectarían al sistema de riego debido a taponamientos. Existen normas para preservar la salud pública de aguas residuales reutilizadas, se han creado normas nacionales e internacionales sobre los parámetros permisibles de aguas residuales para un uso seguro, dentro de un rango de seguridad sanitario (O.M.S., 1989; U.S. EPA, 1992; California, 1978).

1.6.4 Mejora de los sistemas de desinfección.

La recuperación de aguas residuales propone un alto riesgo, debido al contacto directo o indirecto de patógenos, elementos tóxicos y microorganismos, dentro del sistema de tratamiento, siendo así un riesgo sanitario para trabajadores y el público en general de no llevarse a cabo medidas de seguridad para el control biológico e infeccioso de las aguas tratadas. (Romero, 2000).

1.7 MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES.

El muestreo de las aguas residuales para su evaluación atraviesa procesos técnicos en base a estándares y métodos para su caracterización. Los datos deberán ser de alta confiabilidad basados en el caudal global de las descargas, asegurando un resultado acertado de la calidad del agua.

La selección del sitio de muestreo para obtener las características representativas de las aguas, deberá ser donde exista un flujo turbulento ya que la muestra de agua es homogénea, debido a la mezcla que se produce con el movimiento del efluente. Los muestreos se definirán en base a la variabilidad del caudal. El análisis previo de los usos del agua y las fuentes de contaminación para la elaboración de diagramas de flujo permite formular más apropiadamente un programa de muestro.

Las muestras simples son particularmente deseables al momento de analizar el parámetro de una descarga intermitente, que no posee un caudal continuo y su

composición varia a lo largo del muestreo. Las muestras compuestas son preferibles cuando se desean conocer resultados promedio. La muestra compuesta preferida es una muestra de muestras individuales proporcionales al caudal instantáneo. Todo frasco o recipiente de muestreo debe identificarse con una etiqueta que indique fecha de muestreo, tipo de muestra, hora de muestreo y preservativo usado.

El método más común para tener en cuenta las variaciones del caudal y de características del agua residual, así como para minimizar los costos de los análisis, consiste en utilizar muestras compuestas. Si se toman suficientes muestras simples, que luego se mezclan para el análisis, los resultados serán similares a los que se obtendrían con base en una muestra de un tanque de mezcla completa para el caudal muestreado. A mayor frecuencia de muestras simples, mayor representatividad de muestra compuesta.

Las muestras se pueden componer con base en el tiempo o en el caudal. En muestras compuestas con respecto al caudal, muestra integrada, se añade a la mezcla una cantidad proporcional al caudal para cada instante de muestreo.

En muestras compuestas en base al tiempo, se agrega una cantidad fija de muestra, de cada periodo, a la mezcla.⁵

Ecuación 1

$$\text{Volumen necesario} = \frac{\text{Volumen total muestra completa}}{\text{Caudal promedio} \times \text{número de muestras}}$$

⁵ Fuente: Plan Estratégico de Desarrollo de la Región de Murcia para el periodo 2000-2006 (<http://www.esamur.com/jornadas/ponencias/ponencia44.pdf>)

1.7.1 Muestreo Manual.

El muestreo manual es el método más apropiado de muestreo para determinar grasas y aceites, así como compuestos orgánicos volátiles. La muestra se toma colocando un recipiente apropiado sobre el flujo y luego llenándolo. Cuando el alcantarillado es inaccesible para tomar la muestra directamente, se puede usar una bomba de operación manual.

El recipiente de muestreo se puede introducir en el agua o adherido a una cuerda o un trozo de madera. Se recomienda usar recipientes de boca porque permite observar las condiciones de muestreo y cualquier requerimiento adicional. En ríos las muestras deben tomarse a una profundidad igual a 0.6 H (H = profundidad del agua), cuando el río tienen menos de 0.6 m de altura de agua. En ríos profundos es preferible tomar una muestra a 0.2 H y otra a 0.8 H, para luego componerlas.

1.7.2 Preservativos.

Romero, 2000 explica ciertas características del agua, especialmente de aguas residuales industriales, requieren, para su determinación apropiada, que se agreguen preservativos que impidan la alteración del parámetro que se quiere analizar. Los preservativos se agregan al recipiente de muestreo antes de obtener la muestra o inmediatamente después de tomarla. Algunos de los preservativos usados y de los tiempos de almacenamiento máximo para diferentes parámetros se presentan en la (Tabla No. 2)

Tabla No. 2 Preservativos y periodos máximos de almacenamiento. Para diferentes parámetros físico-químicos del agua residual.

Parámetro	Preservativo	Periodo de almacenamiento
Color	Refrigeración a 4°C	24 h
DBO	Refrigeración a 4°C	6 h

DQO	2 mL d H ₂ SO ₄ /L	7 d
Fosforo	40 mg HgCl ₂ /L	7 d
Nitritos	40 mg HgCl ₂ /L	2 d
Nitratos	40 mg HgCl ₂ /L	7 d
Oxígeno disuelto	Determinar in situ.	Ninguno
Solidos	Ninguno	Ninguno
Sulfatos	Refrigeración a 4°C	7 d
Turbiedad	Ninguno	7 d
pH	Determinar in situ.	7 d

Fuente: G. SANCHEZ. J. manual de técnicas Analíticas de parámetros Fisicoquímicos, Tercera edición. Cartagena, 1993.

1.7.3 Volumen de la muestra.

La cantidad requerida de la muestra para su análisis varía de acuerdo al número de parámetros que se requiere identificar. Es así que para analizar un solo constituyente se necesita, al menos, 100 ml; para análisis de rutina de muestras simples, 2L, y para muestras compuestas, 4L. En ciertos casos, se debe consultar al laboratorista la cantidad de muestra requerida para cada análisis. (Romero, 2000).

1.7.4 Monitoreo.

Los requisitos de monitoreo de un efluente de aguas residuales dependen de las normas establecidas por la entidad reguladora. El costo es, indudablemente, el principal factor de incidencia sobre la intensidad del programa de monitoreo; por ello es importante hacer una selección apropiada de los parámetros que se van a analizar. En aguas residuales hay que tener en cuenta los de mayor significado contaminante ver (Tabla No.3). (Romero, 2000).

Tabla No.3 Parámetros de mayor importancia.

Industria	Parámetros
Aluminio	Sólidos suspendidos, cloro libre, fluoruros, fósforo, grasas, pH y aceites.
Automotriz	Sólidos suspendidos, grasas y aceites, DBO, cromo, Fosforo, cianuros, cobre, níquel, hierro, zinc y fenoles.
Instituciones Educativas.	DBO, DQO pH, Sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, coliformes, grasas y aceites.
Lechera	DBO, DQO, pH, Sólidos suspendidos
Vidrio	DBO, DQO, pH, Sólidos suspendidos y temperatura.
Cemento y concreto.	DQO, pH, Sólidos suspendidos
Asbestos	DBO, DQO, pH, Sólidos suspendidos
Curtiembres	DBO, DQO, cromo, grasas y aceites, pH, Sólidos suspendidos y disueltos, cloruros y sulfatos.

Fuente: Jairo Alberto romero Rojas, Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principio de diseño. Primera Edición: Enero de 2000.

1.7.4.1 Aforo de caudales por el método volumétrico.

Para calcular caudales de pequeñas poblaciones se procede a realizar la medición directa tomando en cuenta el tiempo en él, que un recipiente de volumen conocido se llena. Tomando directamente el agua que descarga la tubería con un cronometro se mide el tiempo con mucha precisión en el que se demora en llenar el recipiente. Se deben realizar al menos 3 mediciones de caudales para obtener mayor precisión en los resultados. (Romero, 2000).

1.7.4.2 Para calcular el caudal por el método volumétrico es el siguiente:

El método volumétrico consiste en determinar en un recipiente graduado que volumen de agua ingresa en un tiempo determinado. (Romero, 2000).

Ecuación 2

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

- Volumen del contenedor = (V)
- Tiempo de llenado = (t)

1.7.4.3 Medidores de velocidad.

En canales se puede, también, calcular el caudal conociendo la velocidad y el área de flujo y aplicando la ecuación de continuidad. La velocidad se puede determinar mediante flotadores de plástico, de madera o de cualquier otro material apropiado. Como la velocidad superficial es mayor que la velocidad promedio en un canal, se usa un factor de corrección de la velocidad media, del orden de 0.7 a 0. Este método es muy aproximado y se prefiere utilizar equipos de medida de velocidad, molinete o trazadores, (Romero, 2000).

1.8 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Las impurezas se encuentran en el agua como materia en suspensión, como materia coloidal, o como una materia en solución. Mientras que la materia en suspensión siempre se separa por medio mecánico, con intervención o no de la gravedad, la materia coloidal requiere un tratamiento físico químico preliminar y la materia en solución puede tratarse en el propio estado molecular o iónico, o precipitarse

mediante agentes químicos y separarse utilizando los mismos procesos empleados para separar los sólidos inicialmente en suspensión. (Romero, 2000).

Los tratamientos primarios, se basan en la utilización de procesos físicos, para la sedimentación de sólidos sedimentables y materia flotante de las aguas residuales. Los tratamientos secundarios se basan en la eliminación o disminución de carga orgánica mediante operaciones químicas y biológicas. Los tratamientos terciarios son operaciones avanzadas para eliminar residuos que las anteriores operaciones no pudieron remover. (Mompín, 1990).

1.8.1 Procesos y operaciones unitarias del tratamiento de aguas residuales

Las operaciones unitarias son un conjunto de procesos unitarios que conforman el tratamiento de aguas residuales, mediante procesos químicos, biológicos y físicos, para atender a la eliminación de contaminantes presentes en el agua. El tipo de tratamiento se define de acuerdo a las características de los de las descargas de aguas residuales y con esto se da lugar a los procesos para escoger las operaciones unitarias químicas, biológicas o físicas para el tratamiento, como se detalla a continuación. (Osorio 2010).

1.8.2 Operaciones Físicas Unitarias

Son los tratamientos en donde interactúan las fuerzas físicas dentro del sistema de las aguas residuales. Tenemos entre estas operaciones físicas o de tratamiento primario a la filtración, flotación, mezclado, sedimentación, desbaste, floculación y transferencia de gases que se ve a continuación en la (Tabla No. 4). (Metcalf & Eddy, 1995).

Tabla No.4 Operación y aplicación de las operaciones unitarias.

Operación	Aplicación
Medición de Caudal.	Control y seguimiento de procesos, informes de descargas.
Desbaste.	Eliminación de solidos gruesos y sedimentables por intercepción (retención en la superficie).
Dilaceración.	Trituración de solidos gruesos hasta conseguir un tamaño uniforme.
Homogenización del caudal	Homogenización de caudal y de las cargas de DBO y de sólidos en suspensión.
Mezclado.	Mezclado de productos químicos y gases con el agua residual, mantenimiento de los sólidos en suspensión.
Floculación	Provoca la agregación de pequeños partículas aumentando el tamaño de las mismas, para mejorar su eliminación por la sedimentación por gravedad.
Sedimentación.	Eliminación de solidos sedimentables y espesados de fangos.
Flotación.	Eliminación de sólidos en suspensión finalmente divididos y de partículas con densidades cercanas al agua. También espesa los lodos biológicos.
Filtración.	Eliminación de los sólidos en suspensión residuales presentes después del tratamiento químico o biológico.
Microtamizado.	Mismas funciones que la filtración. También la eliminación de las algas de

	los efluentes de las lagunas de estabilización.
Transferencia de gases.	Adición y eliminación de gases.
Volatilización y arrastre de gases.	Emisión de compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles del agua residual.

Fuente: Manual para operaciones físicas unitarias más comunes, (Metcalf y Eddy, 1996).

1.8.3 Procesos Químicos Unitarios

Son aquellas operaciones en donde los contaminantes atraviesan un proceso de transformación producido por reacciones químicas que provocan la eliminación del mismo. Existen métodos para las operaciones químicas como desinfección, adsorción, entre otros que se detallan en la (Tabla No. 5). (Metcalf y Eddy, 1996)

Tabla No. 5 Procesos químicos más usados.

Proceso	Aplicación
Precipitación química	Eliminación de fósforo y mejora de la eliminación de sólidos en suspensión en las instalaciones de sedimentación primaria empleados en el tratamiento fisicoquímico
Adsorción	Eliminación de materia orgánica no eliminada con métodos convencionales de tratamiento químico y biológico. También se emplean para dechlorar el agua residual antes de su vertido final.
Desinfección.	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.

Desinfección con cloro.	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades. El cloro es el producto químico más utilizado.
Decloración.	Eliminación de cloro combinado residual total remanente después de la cloración.
Desinfección con ozono.	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Desinfección con luz ultravioleta	Destrucción selectiva de organismos causantes de enfermedades.
Otros.	Para alcanzar objetivos específicos en el tratamiento de aguas residuales, se pueden emplear otros compuestos químicos.

Fuente: Manual de procesos químicos más comunes en el tratamiento de aguas residuales, Metcalf y Eddy, 1996

1.8.4 Procesos Biológicos Unitarios.

Son aquellos métodos para el tratamiento y eliminación de los contaminantes orgánicos por medio de procesos biológicos. Estos procesos biológicos eliminan los elementos orgánicos biodegradables, presentes en forma de disolución o coloidal de las aguas residuales. (Romero, 2000).

Estos elementos se degradan en gases como el nitrógeno, que se expulsan a la atmósfera, y en material celular, que se elimina mediante los procesos de sedimentación. (Romero, 2000).

1.9 APLICACIÓN DE PROCESOS Y OPERACIONES DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES

1.9.1 Evaluación y determinación de flujos de diseño

Para obtener flujos de diseño es necesario determinar la población actual y realizar una proyección de la población futura para definir un promedio de flujo, además se deberá tomar en cuenta las infiltraciones y aportaciones incontroladas de otras aguas dentro del sistema de tuberías.

Los flujos medios recopilados durante la determinación de caudal se calculan por factores de punta, y eso nos da como resultado los caudales generales del proyecto con proyecciones hasta de 10 años por lo general.

1.9.2 Factores que inciden en la determinación de flujos medios y factores de punta:

- Proyección de flujos promedio al día.
- Criterios de selección para los factores de punta.
- Relación del caudal mínimo, y factores de punta.
- Control estratégico de flujos de punta que puedan alterar el diseño del tratamiento ver (Tabla No 6.)⁶

Tabla No. 6 Determinación de flujos de diseño.

Factor	Aplicación
Basado en el Caudal	
Hora Punta.	Dimensionamiento de las instalaciones de bombeo y de las conducciones;

⁶ METCALF & EDDY, *Ingeniería de aguas residuales*, Mc Graw Hill, Madrid 1995

	<p>dimensionamiento de rejas.</p> <p>Dimensionamiento de las operaciones física unitarias; desarenadores, tanques de sedimentación y filtros; tanques de cloración.</p>
Máximo diario.	Dimensionamiento del bombeo de fangos.
Mayor que el máximo diario.	Almacenamiento de áreas y residuos eliminados en el proceso de tamizado.
Máximo semanal.	Elaboración de registros de datos e informes.
Máximo mensual.	Elaboración de registros de datos e informes. Dimensionamiento de los depósitos de almacenamiento de los productos químicos.
Mínimo horario.	Para las motobombas y valor inferior del intervalo de medida del Caudalímetro de la planta.
Mínimo diario.	Dimensionamiento de los canales de interconexión y dimensionamiento de los sistemas de recirculación para filtros percolados.
Mínimo mensual.	Elección del número mínimo de unidades de proceso necesarias durante los periodos de caudales reducidos.
Basado en la Carga Contaminante	
Mínimo diario.	Dimensionamiento de las unidades de tratamiento biológico.
Mayor que el máximo diario.	Dimensionamiento de los sistemas de espesamiento y deshidratación de fangos.
Basado en el caudal.	Dimensionamiento de las unidades de

	tratamiento de fango.
Mínimo mensual.	Dimensionamiento de las instalaciones de almacenamiento de fango; dimensionamiento de las instalaciones de compostaje.
Mínimo diario.	Dimensionamiento del sistema de recirculación en filtros percolados.

Fuente: Manual de procesos flujos de diseño en el tratamiento de aguas residuales, Metcalf y Eddy, 1996

1.9.3 Evaluación y reutilización de lodos

La producción de contaminantes semisólidos, residuos sólidos sedimentables y fangos que se generan al final de los tratamientos de aguas residuales, son un problema al momento de su evacuación y eliminación, ya que representan un alto contenido de contaminantes. La disposición final de los lodos propone nuevas alternativas de eliminación como; la incineración y la evacuación por medio de vertederos. (Romero, 2000).

La generación de fangos produce la proliferación de condiciones inestables en donde los malos olores son parte de esta práctica. En la mayoría de países a nivel mundial las aguas residuales son vertidas de manera directa a cuerpos de aguas superficiales, mientras que en países que poseen sistemas de alcantarillado diferenciados, se evacuan indistintamente las aguas pluviales y las que necesitan tener un tratamiento de aguas residuales. Es así que la evacuación o eliminación de lodos también es un problema en estos sistemas de alcantarillado diferenciado ya que recoge volúmenes gigantes de fangos producidos por una población grande. (Romero, 2000).

1.10 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTOS.

El funcionamiento de los equipos para un sistema de tratamiento de aguas residuales deberá estar diseñado para permitir un caudal continuo y la calidad del efluente de acuerdo a los requerimientos de acuerdo, a las características de cada operación, el cual será regulado por el personal técnico, en un laboratorio para determinar la calidad del efluente continuamente.

Los procesos de tratamiento operan sin interrupción por lo cual al momento de dar mantenimiento o en el caso de reparación se sustituyen los equipos por otros de reserva, por lo cual se deberá contar con una cantidad adicional de accesorios y repuestos para no parar el proceso de operación. El mantenimiento, es un factor de suma importancia para mantener las condiciones de operación eficiente dentro del tratamiento.

Se concluye que el mantenimiento preventivo y programado minimiza los daños ante posibles emergencias, y disminuye de manera significativa los costos de operación, analizando previamente si un equipo necesitar ser reemplazado o solo una reparación mecánica, en coordinación con todo el personal del sistema de tratamiento para mantener un control permanente en la operación y no alterar la calidad del efluente.

1.10.1 Arranque del sistema de tratamiento.

En el momento que se va a encender el sistema de tratamiento, se deberá contar con la presencia de personal técnico calificado, para identificar los posibles cambios que pueden suceder al momento de arrancar y de esa manera entrenar a los futuros operadores.

Diferenciando los tipos de plantas como filtros biológicos, lodos activados, lagunas aireadas, lagunas de estabilización, requieren de un flujo continuo para su tratamiento biológico, dentro del ecosistema artificial que se forma con la planta de tratamientos.⁷

1.11 CRITERIOS PARA EL DISEÑO.

1.11.1 Cribado.

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua (Pretratamiento), mediante el paso de ella por una criba o rejilla. La criba puede ser agujereada de cualquier forma geométrica en cualquier tipo de material como concreto, acero, madera, etc. También se puede construir cribas o rejillas de barras o varillas de hierro acero.

Se concluye que el cribado es por lo general la primera operación unitaria en el tratamiento de aguas, encontrada en una planta de aguas residuales. Este se emplea para retener sólidos gruesos, por lo general estos equipos constan de varas o varillas paralelas que toman el nombre de rejillas. El término cribado también se emplea para describir equipos de tamizado conformado por platos perforados. De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas o cribas son de limpieza manual o mecánica. Según el tamaño de las aberturas se clasifican como rejillas gruesas o finas. Las gruesas tienen aberturas mayores entre rejas a 0.64 cm (1/4 pulgadas) y las finas una abertura menor a 0.64 cm. En el tratamiento de aguas residuales por lo general se usan rejillas gruesas para evitar el ingreso de objetos grandes que obstaculicen las tuberías, válvulas y bombas.

Las rejillas gruesas mediante el cribado pueden remover partículas suspendidas mayores de 0.64 cm de una manera más económica que cualquier otro

⁷ Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

procedimiento ya sea el caso de limpieza manual o mecánica, ver (Tabla No. 7 y 8). Las rejillas finas son, generalmente, del tipo disco o tambor.⁸

Tabla No.7 Cantidades de residuos gruesos, y función de las cribas.

Espaciamiento Entre Barras (cm)	Contenido de Humedad.	Peso Específico (lb/ft³)	Volumen De Residuos de Tamizado (ft³)
0.5	60-90	40-68	7
1	50-80	40-68	3
1.5	50-80	40-68	1.5
2	50-80	40-68	0.75

Fuente: Tabla representativa de datos típicos sobre cantidades esperadas de residuos gruesos en plantas centralizadas de tratamiento, servidas por alcantarillado convencional. Romero, 2000.

Tabla No. 8 Consideraciones de diseño de rejillas de limpieza manual o mecánica.

Parámetro	Limpieza Manual	Limpieza Mecánica	Unidad
Ancho de la barra	(0.5-1.5)	(0.5-1.5)	cm
Profundidad	(2.5-7.5)	(2.5-7.5)	cm
Espaciamiento de barras	(2.5-5.0)	(2.5-5.0)	cm
Inclinación con la vertical	(30-45)	0-30	Grados
Velocidad de aproximación	(0.3-0.6)	(0.6-1)	m/seg
Perdidas admisibles.	(15)	(15)	cm

Fuente: La información básica para el diseño de rejillas de limpieza manual o mecánica. Romero, 2000.

⁸ Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Las pérdidas hidráulicas a través de las rejillas son una función de la velocidad de aproximación del fluido y la velocidad de flujo a través de los barrotes.

1.11.1.2 Área libre al paso de agua (Al): Indica el flujo que circula por el canal. Se determina con un flujo de 0.6m/seg. Lo que permite que las partículas de menores dimensiones circulen a través de las rejillas. El área libre al paso del agua se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación 3

$$Al = \frac{Q}{Vb}$$

- Q = Caudal.
- Vb = Velocidad a través de las barras.

1.11.1.3 Tirante de agua en el canal (h): Se determina la profundidad máxima del agua en un canal.

Ecuación 4

$$h = \frac{Al}{b}$$

- Al = Área libre al paso de agua.
- b = Ancho del canal de llegada.
- h = Tirante de agua.

1.11.1.4 Altura total del canal (H): se predispone como la sumatoria de la altura de agua, mas la altura de seguridad que de acuerdo a las consideraciones de diseño es un valor propuesto.

Ecuación 5

$$H = h + H_s$$

- h = Tirante de agua en el canal.
- H_s = Altura de seguridad.

1.11.1.5 Longitud de las barras (L_b): La longitud de las barras no debera exceder una medida que no permita su limpieza mecanica. Se recomienda una inclinacion de barras del 45° a 60° con la horizontal.

Ecuación 6

$$L_b = \frac{H_s}{\sin \alpha}$$

- H_s = Altura de seguridad.
- α = Angulo de inclinacion de las rejillas con respecto a la horizontal del canal.

1.11.1.6 Número de barras (n): El numero de barras se designa de acuerdo a las consideraciones de diseño dterminado por el tecnico, pero debido a su mantenimiento es recomendable colocar 2 o mas barras en forma vertical para atrapar residuos presentes en los flujos de aguas residuales. Se recomienda tambien entre 25 mm y 50mm para el espaciamiento entre barras para poder contener los solidos de grandes dimensiones..

Ecuación 7.

$$n = \left(\frac{b}{e + S} \right) - 1$$

- e = Separacion entre barras.
- b = Ancho del canal de llegada.
- S = Espesor maximo de las barras.

1.11.1.7 Perdida de carga en las rejillas (hf): Es la pérdida de energía por las diferentes alturas antes y después de las rejillas dada en metros. La pérdida de carga en la rejilla depende de su limpieza y la cantidad de desecho que se genera en los efluentes. La pérdida de energía está dada en función de la forma de las barras y la velocidad de flujo.

Ecuación 8.

$$hf = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{4/3} * \frac{Vb^2}{2g} .Sin \alpha$$

- β = Fcator dependiente de la forma de las barras
- S = Espesor maximo de las barras.
- e = Separacion entre barras.
- Vb = Velocidad.
- g = Gravedad.

Para el valor de factor de forma de las barras de limpieza manual o mecanica ver (Tabala No.9).⁹

⁹ Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Tabla No. 9 Coeficiente de pérdida para rejillas.

Sección Transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: La información básica para el diseño de rejillas de limpieza manual o mecánica. Romero, 2000.

1.11.2. Diseño de tanques homogenizadores o de igualamiento.

El igualamiento consiste en amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante. Tiene, entre otros, los siguientes propósitos. (Romero, 2000).

- Mejora la tratabilidad del agua residual.
- Minimiza las cargas en las tuberías y choques sobre el tratamiento biológico.
- Diluye sustancias inhibidoras.
- Estabiliza el pH.
- Mejora la eficiencia y por lo tanto la calidad del efluente.
- Uniformiza la carga de sólidos y mejora el espesamiento de lodos.
- Reduce los requerimientos de área.
- Con tratamiento químico hace más fácil la dosificación.

Se evaluará el caudal constante que es necesario para un tratamiento uniforme para determinar las dosificaciones de reactivos y compuestos necesarios para el tratamiento. Debido a las fluctuaciones y variaciones de la carga de caudales que se generan en la mayoría de efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales se requiere la homogenización para sobrellevar estos problemas de tipo operativo y reducir costos en los procesos de tratamientos, debido a que las características del caudal y carga orgánica contaminante (Romero, 2000).

1.11.2.1 Ecuación para calcular el volumen del efluente: Se determina por el método volumétrico.

Ecuación 9.

$$V = Q * t$$

Se deberá sumar más el 10% del volumen total promedio para sobredimensionar el sistema en el caso de lluvias o sobre cargas en el sistema generados por factores antropogénicos.

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- t = Tiempo.

1.11.2.2 Consideraciones de Diseño para dimensionar el tanque homogenizador:

Ecuación 10

$$v = a * h * p$$

- a = Largo.
- h = Altura.
- p = Profundidad.

1.11.2.3 Ecuación para calcular la altura del tanque:

Ecuación 11

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{2}}$$

Dónde:

$$a = 2h; \quad h = h; \quad p = h$$

1.11.3 Lodos Activados, tanque de aireación.

1.11.3.1 Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación (Θ): El tiempo de aireación es función de la concentración de DBO del agua residual afluyente y del volumen del tanque de aireación. Se calcula de la misma manera que el tiempo de retención hidráulica.

Ecuación 12

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

- V = Volumen del tanque de aireación.
- Q = Caudal del agua residual.

1.11.3.2 La carga orgánica del proceso (C_o): La carga orgánica del proceso, se expresa generalmente como el producto de la concentración de DBO por el caudal afluyente.

$$Co = So * Q$$

- S_o = DBO afluente.
- Q = Caudal.

1.11.3.3 La carga orgánica volumétrica (Cov): Se expresa usualmente en gramos de DBO aplicada por metro cubico de volumen de licor en el tanque de aireación.

$$Cov = \frac{Co}{V}$$

- Co = Carga orgánica.
- V = Volumen del tanque de aireación.

1.11.3.4 La DBO del efluente (Se): Representa la diferencia entre la DBO total del efluente y la DBO de los sólidos suspendidos del mismo, suponiendo que un 65 % de los sólidos suspendidos (S_s), del efluente son biodegradables y que la relación entre la DBO y la DBO.

$$Se = DBOe - 0.63$$

- $DBOe$ = Demanda Biológica de Oxígeno del efluente.

1.11.3.5 La biomasa del reactor (XV): Se calcula la concentración de biomasa o solidos suspendidos volátiles en el reactor. En el caso del procesos de lodos activados sirve para calcular la biomasa en la mezcla liquida, o sea en el tanque de aireación.

Ecuación 16

$$XV = \frac{Y * Q(So - Se)}{1 + Kd + \theta c}$$

- Y = Constante cinética.
- Q= Caudal
- So = DBO afluente.
- Se = DBO efluente.
- Kd = Constante de declinación endógena.
- θc = Edad del lodo.
- Poner la tabla de Kd está en el libro

1.11.3.6 Producción de Lodo (Px):

Ecuación 17

$$Px = \frac{XV}{\theta c}$$

- XV = La biomasa del reactor.
- θc = Edad del lodo.

1.11.3.7 Solidos totales de desecho (Ls):

Ecuación 18

$$Ls = \frac{Px}{\%Ssv}$$

- Px = Producción de lodos.
- %Ssv = Porcentaje de solidos suspendidos volátiles.

1.11.3.8 Caudal de lodos (Qw):

Ecuación 19

$$Qw = \frac{Ls}{Ste}$$

- Ls = Solidos totales de desecho.
- Ste = Solidos totales efluente.

1.11.3.9 Solidos de recirculación (Xr):

Ecuación 20

$$Xr = \%SSV * Ste$$

- %Ssv = Porcentaje de solidos suspendidos volátiles.
- Ste = Solidos totales efluente.

1.11.3.10 Caudal de recirculación (Qr):

Ecuación 21

$$Qr = \frac{Q * X}{Xr - X}$$

- Q = Caudal.
- Xr = Sólidos de recirculación.
- X = Sólidos suspendidos volátiles en el licor de mezcla.

1.11.3.11 Demanda de oxígeno (DO):

Ecuación 22

$$DO = 1.5 * Q(So - Se) - 1.42 * Xr * Qw$$

- Q = Caudal.
- So = DBO afluente.
- Se = DBO efluente.
- Xr = Sólidos de recirculación.
- Qw = Caudal de lodos.

1.11.3.12 Caudal del aire (Qaire):

Ecuación 23

$$Qaire = \frac{DO}{\%O * \delta}$$

- DO = Demanda de oxígeno.
- %O = Porcentaje de oxígeno en el aire.
- δ = Densidad del aire.

1.11.3.13 Relación alimento / microorganismo (A/M): Representa la carga orgánica por unidad de masa microbial en el reactor. La relación alimento / microorganismo (A/M) es una forma de expresar la carga de DBO por unidad de masa microbial en el sistema.

Ecuación 24

$$\frac{A}{M} = \frac{Q * S_o}{XV}$$

- Q = Caudal.
- S_o = DBO afluente.
- XV = La biomasa del reactor.

1.11.3.14 Eficiencia en remoción de DBO (E): Es la relación entre la masa de la materia orgánica eliminada y la del efluente que ingresa al sistema. Se expresa en porcentaje de reducción.

Ecuación 25

$$E = \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

- S_o = DBO afluente.
- S_e = DBO efluente

1.11.3.15 Eficiencia en remoción de DBO total (ET):

Ecuación 26

$$ET = \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

- S_o = DBO afluente.
- S_e = DBO efluente.¹⁰

¹⁰ Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

CAPÍTULO II.

2. METODOLOGÍA.

2.1 TIPO DE ESTUDIO.

El tipo de estudio del tema de investigación fue exploratoria, experimental, de laboratorio y deductivo.

Es exploratoria por que se realizaron análisis para determinar los elementos contaminantes que contiene el agua residual del Campus Edison Riera.

Es experimental, debido a que los parámetros físico-químicos y biológicos del agua residual fueron medibles (oxígeno disuelto, caudal, turbidez, pH, sólidos suspendidos en el licor de mezcla).

Es de laboratorio ya que se realizaron diferentes pruebas de tratabilidad a escala para dar un tratamiento biológico y físico-químico controlado al agua residual, y generar datos del índice de calidad de las aguas tratadas.

Es deductivo, porque se pudo proyectar los resultados de las pruebas de tratabilidad a escala real.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.

2.2.1 Población.

La población del Campus Edison Riera de la Universidad Nacional de Chimborazo ubicado en el Km ^{1/2} vía a Guano en la ciudad de Riobamba es de 6.843 personas, distribuidas en las facultades de: Ingeniería, Ciencias de la Salud y de Ciencias Políticas y Administrativas, las mismas que ofertan 21 carreras de educación superior. Su infraestructura también consta de un edificio inteligente, un estadio, una piscina olímpica, auditorio general, un coliseo y el edificio administrativo, ocupando 11.76 hectáreas de área total.

2.2.2 Muestra.

La muestra de este proyecto de investigación fue la misma población de 6.843 personas las cuales generaron en conjunto un caudal de 55.209,6 L/día de agua residual proveniente de 207 inodoros, 227 lavabos, 80 urinarios y 7 laboratorios que descargan directamente aguas residuales a los sumideros.

2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

La Operacionalización de variables se realizó en función de sus categorías dependiente e independiente.

Ver como se expresa la Operacionalización de las variables en la (Tabla No. 10 y No. 11).

Tabla No. 10 Variable Dependiente-

Variab les	Conceptos	Indicadores	Técnicas
<p>Reutilizar las aguas tratadas en el Campus Edison Riera km 1/2 vía a Guano cumpliendo con los parámetros permisibles para el riego en áreas verdes.</p>	<p>Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes ya que deberá cumplir con las características físicas, químicas y bacteriológicas generales cuyos rangos y concentraciones permisibles se encuentren dentro de la ley.</p>	<p>DBO. (mgO₂/l)</p> <p>DQO. (mgO₂/l)</p> <p>pH. (7-14)</p> <p>Temperatura</p> <p>Turbidez. (*NTU)</p> <p>Conductividad . (*S/m)</p> <p>Solidos suspendidos (mg/l)</p> <p>Solidos totales. (mg/l)</p> <p>Coliformes (*UFC/ml)</p>	<p>Caracterización de las aguas residuales</p> <p>Recolección de muestras</p> <p>Análisis fisicoquímicos y biológicos de las aguas residuales.</p>

Fuente: Andrés Cáceres.

Tabla No. 11. Variable Independiente.

Variables	Concepto	Indicadores	Técnicas
<p>Operaciones unitarias sugeridas para el diseño de Planta de Tratamiento</p>	<p>Es una estructura artificial donde se propicia el desarrollo controlado de una procesos natural que permite reducir a niveles convenientes el contenido de materia orgánica y de sustancias varias de características físico-químicas y biológicas, para de esta forma disminuir la contaminación de la aguas residuales antes de su descarga a fuentes receptoras o para su reutilización de acuerdo al uso que se le quiera dar.</p>	<p>Caudal</p> <p>Consideraciones de Diseño</p> <p>A/M</p> <p>TRH</p>	<p>Pruebas de tratabilidad.</p> <p>Control de los parámetros del agua residual durante los ensayos de tratabilidad</p> <p>Criterios de diseño para un tratamiento biológico o fisicoquímico.</p> <p>Diagrama de procesos para el diseño.</p>

Fuente: Andrés Cáceres.

2.4 PROCEDIMIENTOS.

2.4.1 ANÁLISIS SITUACIONAL.

Se realizó el levantamiento de información pertinente a la infraestructura del Campus Edison Riera como el número total de edificaciones, y el sistema de alcantarillado sanitario que conforma el campus Anexo No. 1. La visita in situ fue realizada con la asistencia del Ingeniero Isaías Garzón técnico del Departamento de Infraestructura de la UNACH, para el reconocimiento del lugar donde se desarrollará el proyecto Anexo No. 2, se procedió a identificar el punto de muestreo donde las aguas residuales se conectan a través de tuberías que conforman el sistema sanitario antes de ser descargadas al alcantarillado sanitario de la ciudad de Riobamba. Anexo No. 3.

La red de colectores comprende un trazado que permite que el sistema de alcantarillado funcione a gravedad, este ha sido dispuesto de forma tal que comprenda un área de cobertura actual y permita además la ampliación de las áreas aledañas. El emisario principal del sistema de alcantarillado recorre por la mitad del campus, según lo establecido en el plan masa, por lugares provistos para tránsito, hasta descargar en el en el pozo existente del alcantarillado sanitario del barrio “11 de Noviembre”. La red de colectores y emisario del sistema de alcantarillado tiene una longitud de 915.90 m.

De acuerdo al siguiente detalle dado por parte del Departamento de Infraestructura de la Universidad Nacional de Chimborazo:

- Tubería 200 mm = 626.79 m.
- Tubería 300 mm = 201.08 m.

2.4.2 PROCEDIMIENTOS PARA EL MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES.

2.4.2.1 Muestreo

Se inició la caracterización con la recolección de muestras compuestas para conocer resultados promedio, este procedimiento consistió en tomar muestras simples proporcionales al caudal instantáneo de la descarga, brindando así resultados similares a muestras provenientes de un tanque de mezcla completa para el caudal muestreado durante una jornada de trabajo lo cual permitió obtener una mayor precisión en la validación de resultados en el laboratorio. Anexo No. 3

2.4.2.2 Pruebas de campo

Las pruebas de campo fueron un factor importante para la recopilación de datos tales como determinación de oxígeno disuelto, pH, temperatura y Conductividad de cada muestra simple que se recopiló que con el equipo multiparámetros Hach. Anexo No 4.

2.4.2.3 Pruebas de Laboratorio

Los análisis de laboratorio fisicoquímico y biológico de las aguas residuales del Campus Edison Riera se basaron en las muestras compuestas recolectadas en los diferentes días de muestreo. Se analizaron los parámetros: pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, turbidez, sólidos totales disueltos, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, color demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, coliformes fecales y coliformes totales. Anexo No. 5.

2.4.2.4 Pruebas de Tratabilidad.

Se realizaron pruebas de tratabilidad fisicoquímicas con la metodología de prueba de jarras, además de pruebas de tratabilidad biológicas por lodos activados. Se establecieron parámetros de control de DBO, DQO, coliformes fecales y totales, turbidez, dureza total, conductividad. Anexo No 6 y 7.

2.5 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS.

2.5.1. MUESTREO

2.5.1.1 Determinación de caudales.

Una vez identificado el punto de descarga de las aguas residuales que se generan el campus Edison Riera, se determinó las horas para la medición de caudales, tanto en la mañana, tarde y noche para obtener un resultado exacto. En este caso se aforaron los caudales en diferentes horas utilizando el método volumétrico.



Figura 2. Aforamiento de caudales

2.5.1.1.1 Cálculo matemático de las muestras usando la Ecuación 2:

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

- Q= Caudal.
- V= Volumen del fluido.
- t= Tiempo.

Tabla No. 12 Medición de Caudales Campus Edison Riera Mañana.

CAUDALES TOMADOS EN HORARIO DE LA MAÑANA				
Fecha	Caudal Horario 7:00 L/s	Caudal Horario 9:00 L/s	Caudal Horario 11:00 L/s	Caudal Horario 13:00 L/s
29/09/2014	0.50	0.68	0.80	0.74
30/09/2014	0.53	0.70	0.81	0.75
01/10/2014	0.51	0.71	0.78	0.78
02/10/2014	0.51	0.69	0.80	0.75
03/10/2014	0.55	0.72	0.83	0.77
04/10/2014	0.53	0.71	0.79	0.79
05/10/2014	0.55	0.69	0.82	0.75
06/10/2014	0.54	0.70	0.80	0.78
07/10/2014	0.53	0.73	0.82	0.76
08/10/2014	0.51	0.71	0.82	0.78

09/10/2014	0.51	0.70	0.81	0.75
------------	------	------	------	------

Fuente: Andrés Cáceres.

Tabla No. 13 Medición de Caudales Campus Edison Riera Tarde.

CAUDALES TOMADOS EN HORARIO DE LA TARDE				
Fecha	Caudal Horario 15:00 L/s	Caudal Horario 17:00 L/s	Caudal Horario 19:00 L/s	Caudal Horario 21:00 L/s
10/10/2014	0.73	0.63	0.53	0.26
11/10/2014	0.75	0.63	0.58	0.28
12/10/2014	0.73	0.62	0.54	0.26
13/10/2014	0.73	0.60	0.50	0.24
14/10/2014	0.72	0.65	0.51	0.29
15/10/2014	0.71	0.69	0.51	0.27
16/10/2014	0.74	0.68	0.53	0.24
17/10/2014	0.73	0.67	0.57	0.25
18/10/2014	0.74	0.62	0.52	0.25
19/10/2014	0.74	0.64	0.53	0.26
20/10/2014	0.72	0.62	0.52	0.24
21/10/2014	0.73	0.62	0.55	0.22

Fuente: Andrés Cáceres.

Los registros de aforamiento para determinación de caudales generados en el Campus, explican cómo existe una variación de caudales de acuerdo a las diferentes horas del día, en donde se puede observar claramente horas en donde el caudal aumenta significativamente, entre estos tenemos: De 11:00 Am a 15:00 los caudales con mayor flujo, y las horas menor flujo serian: A las 7:00 Am, 17:00 Pm, 19:00 Pm y 21:00 Pm, que se consideran como un flujo continuo y muy bajo a las 21:00 Pm.

2.5.2 PRUEBAS DE CAMPO.

2.5.2.1 Determinación de pH, Conductividad, Temperatura y Oxígeno Disuelto in situ.

La determinación de estos parámetros fue tomados in situ por lo cual se deberá llevar el equipo multiparámetros Hach en el punto de muestreo, para realizar el levantamiento de datos como pH, Conductividad, temperatura y oxígeno disuelto, estos datos son fiables al momento de tomarlos directamente de la descarga.



Figura 3. Medición de Parámetros in situ con el equipo Hach.

El pH determina el grado de alcalinidad o basicidad de las aguas residuales, un margen de pH que va de 6.0 a 9.0 no afectada la biota acuática y permite el desarrollo normal de los organismos. Además el pH reacciona en la presencia de algunos metales pesados para producir efectos tóxicos para el medio.

La conductividad es un parámetro que se mide de acuerdo a la capacidad de transportar corriente eléctrica en una solución debido a la concentración alta de minerales disueltos en aguas residuales. Este es un evaluador para el uso de agua en el riego.

La temperatura influye directamente con la velocidad de las reacciones químicas en el agua residual que aceleran los procesos de solubilidad de sales y gases presentes en el medio y sobre todo afecta los procesos biológicos ya que el oxígeno disuelto presente en el medio se vuelve poco soluble.

El Oxígeno Disuelto es la medida de oxígeno molecular de un fluido. Este es un factor que mide la calidad del agua, debido a los procesos de auto purificación es preciso que el oxígeno disuelto sea mayor a 5 mg/L para que los microorganismos aerobios degraden los contaminantes presentes en el agua.

2.5.3 PRUEBAS DE LABORATORIO.

2.5.3.1 Determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)

Es un parámetro muy importante de determinar por lo general en aguas residuales debido a que representa la cantidad de carga orgánica que posee el agua y esto a su vez es un indicador de la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para metabolizar el carbono orgánico presente en el medio acuático. A continuación se detalla el procedimiento realizado para la determinación de DBO:

Para determinar el DBO se requiere una cantidad de agua residual de 250 ml de muestra compuesta, esto quiere decir que es la mezcla de varias muestras simples de la descarga del Campus, se procede a homogenizar la muestra de agua residual, y con la ayuda de una bureta se mide exactamente 250 ml de agua residual para su análisis.

Se toma una botella de DBO, que contiene en su parte superior una tapa digital que controla el tiempo para la determinación de DBO del agua residual. Estos datos se emiten por medio de un sensor con la forma de una capsula que se introduce en la botella y genera información útil que se envía a la tapa digital, en donde se muestran los datos obtenidos diariamente hasta cumplirse los 5 días que toma este procedimiento para determinar el DBO.

Una vez que se ha cerrado el sistema dentro de la botella de DBO, se procede a programar la tapa digital para iniciar con el análisis, después se traslada la botella de DBO sobre un agitador magnético para que el sensor gire constantemente en el fondo de la botella y mantenga homogenizada permanentemente la muestra de agua residual. Después de pasar 5 días desde que se colocó la muestra se anotan los datos que se registran en la tapa digital y se vacía las botellas de agua residual para empezar con su limpieza.



Figura 4. Determinación de DBO.

2.5.3.2 Determinación Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es un parámetro que determina la cantidad de contaminantes orgánicos presentes en el agua y q esta supuesta a ser oxidada o degradada químicamente por elementos y sustancias en suspensión de una muestra líquida. Este parámetro se mide en base a la cantidad de oxígeno disuelto que es necesario para degradar químicamente los contaminantes orgánicos.

Se recogió una muestra de 2 ml de agua residual, que ha sido previamente mediada en una bureta. Tomar dos viales HR (High Range) para medición de DQO de 0-1500 mg/L, y colocar 2 ml de agua residual con una pipeta y homogenizar la muestra con el reactivo dentro del vial, colocar el vial en el Reactor de DQO, durante 2 horas a 175 grados centígrados.

Después de haber transcurrido las 2 horas, sacar los viales para q se enfríen, y se procede a leer los resultados en el equipo HACH DR 5000.



Figura 5. Determinación de DQO.

2.5.3.3 Determinación de Turbidez

Es un parámetro que determina la cantidad de partículas, sedimentos y materia orgánica suspendidos en el agua, las cuales no permiten el paso de la luz del sol para que algunos microorganismos degradadores puedan desarrollarse, causando graves problemas de salubridad en el agua residual.

Tomar una celda que posee el equipo turbidímetro HACH 21000 en su interior, y que va a recibir el agua residual para su análisis, limpiar la celda minuciosamente en la parte exterior y colocar agua destilada en el interior de la celda. Encender el equipo presionando read al momento de colocar la celda con agua destilada.

Una vez encendido el equipo desalojamos el agua destilada de la celda de vidrio y colocamos 10 ml de agua residual para poder obtener datos de la turbidez de nuestras aguas.

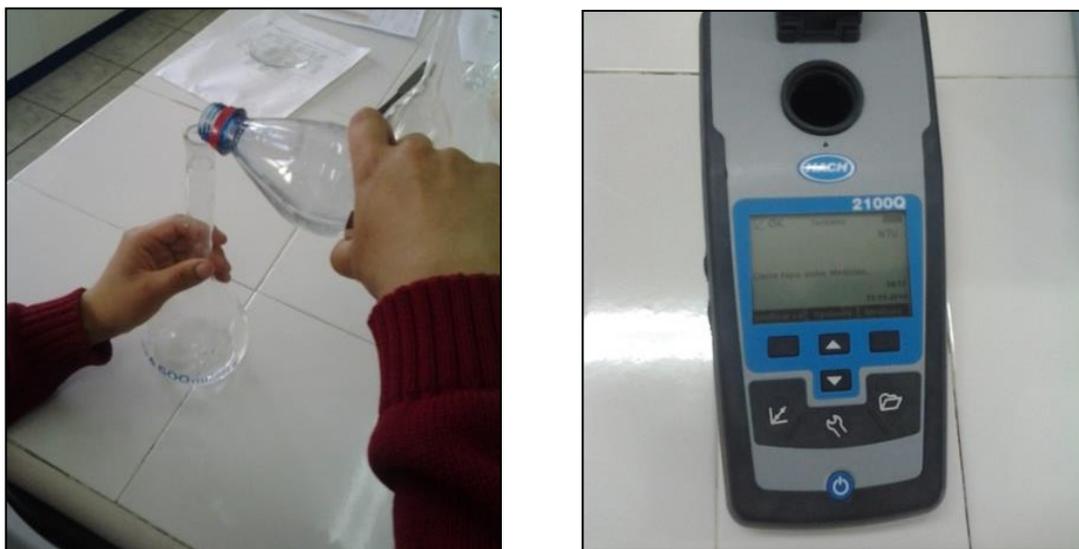


Figura 6. Determinación de turbidez.

2.5.3.4 Determinación de Color.

El color es un indicador de la presencia de contaminación en el agua, debido a la presencia de algunos minerales o producto de descargas de residuos en las aguas residuales, estas pueden afectar la coloración del agua. Para la determinación de color es necesario eliminar primeramente la turbidez de la muestra de agua y realizar el análisis espectrofotométrico.

Encender el equipo HACH DR 2010 y esperar un par de minutos hasta que se programe completamente al 100% de sus funciones, seleccionar las celdas de cuarzo de 25 o 10 ml para colocar el agua para encender el equipo, escoger el programa para medición del parámetro color, que es 120.

Retirar la celda con agua destilada, y colocar la muestra de agua residual para medir el parámetro color y anotar los datos que se obtienen en la pantalla.



Figura 7. Determinación de color.

2.5.3.5 Determinación de Sólidos Suspendidos.

Los Sólidos Suspendidos se define como la cantidad de sólidos que se han retenido después de haber realizado la filtración de una muestra de agua residual.

Es un parámetro muy importante y actúa como un indicador debido a que disminuye el paso de la luz del sol a través del agua residual, lo que provoca que las actividades fotosintéticas en el agua parean y el desarrollo de los microorganismos se vea alterado.

Tomar el equipo HACH DR 5000 y se procede a utilizar una celda de cuarzo con agua destilada para calibrar el equipo, programar con el número 630 para medición del parámetro sólidos suspendidos. Sacamos la celda con agua destilada y colocamos 25 ml de la muestra de agua residual homogenizada en la celda que se colocara dentro del equipo para empezar a leer el parámetro sólidos suspendidos y anotamos los datos que se muestran en pantalla.



Figura 8. Determinación de sólidos en suspensión.

2.5.3.6 Determinación de Sólidos Sedimentables.

Se podría decir que son la sedimentación de los sólidos suspendidos. Esto quiere decir que son partículas que se encuentran en el agua residual dispersas debido a fuerzas como el movimiento, las corrientes o la turbulencia y gracias al efecto de la gravedad se depositan en el fondo. Tomar una muestra de agua residual de 1000 ml, colocar la muestra de agua en un Cono Imhoff, dejar que el agua repose por 60 minutos exactamente. Determinar cuántos sedimentos se han depositado al final del cono y anotar.



Figura 9. Determinación de sólidos sedimentables.

2.5.3.7 Determinación de coliformes totales y fecales.

Las bacterias coliformes son un indicador que determina que el agua está contaminada con materia fecal lo que provoca una producción de patógenos, virus y bacterias que afectan a la salud de quien lo consuma.

Seleccionar los materiales para realizar la práctica, y desinfectarlos para que no existan errores en los resultados. Preparar una solución del 10% con el agua residual

para su análisis, tomar una pipeta de 1 ml y succionar el agua residual, para colocar el agua sobre un filtro petrifilm previamente etiquetado.

Tomar el filtro petrifilm y llevar a la incubadora a 35°C por 24 horas para que los microorganismos se desarrollen en forma de colonias. Después de haber transcurrido 24 horas se procede a contar las colonias de microorganismos que se han desarrollado en la placa, identificando así coliformes totales y fecales, los coliformes totales son la sumatoria total de todas las colonias presentes en la placa y posteriormente anotar los datos obtenidos.

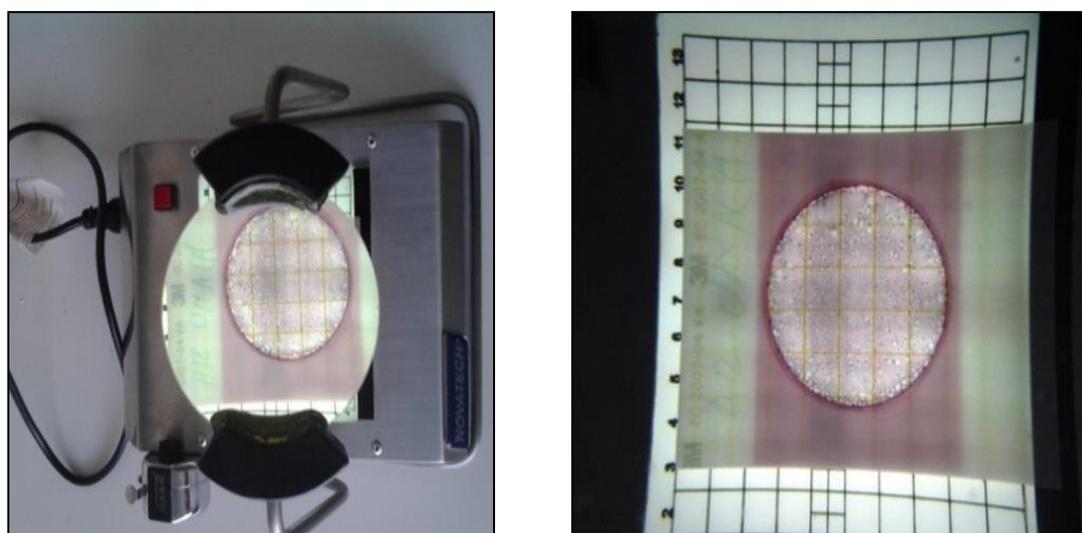


Figura 10. Determinación de coliformes totales y fecales.

2.5.4 PRUEBAS DE TRATABILIDAD.

2.5.4.1 Tratamiento de Físico-Químico (floculación).

En el Laboratorio de Ciencias Químicas de la Facultad de Ingeniería se cuenta con un equipo de jarras provisto de 4 unidades de tratamiento simultáneo. Cada una de estas unidades cuenta con una paleta agitadora que se encarga de generar una mezcla rápida o lenta en las etapas de floculación o coagulación.

Las pruebas de jarras o Jar test en el laboratorio fueron ensayos realizados con las aguas residuales y el procedimiento para llevar a cabo estas pruebas fue el de colocar 4 vasos de 500 ml de agua residual para que se agitada por las paletas del equipo. La cantidad de coagulante y floculante que se añade a cada uno de las vasos de 500 ml es diferente, hasta encontrar la dosificación óptima.

En este ensayo se utilizó sulfato de aluminio como coagulante que permitió incrementar la tendencia de las partículas pequeñas presentes en las aguas para agregarse de unas a otras para formar partículas mayores que sedimentaran en un tiempo razonable, con un tiempo de agitación lenta de 1 minuto a 45 rppm, y PHP-70 que es un floculante aniónico basados en acrilamida y acrilato de sodio que son tensioactivos de alto peso molecular que se utilizan para separar los sistemas solidos líquidos, atrayendo los sólidos presentes en las aguas residuales y precipitándolos, con un tiempo de agitación rápido de 3 minutos a 110 rppm. Finalmente se deja reposar las aguas tratadas por 5 minutos hasta que precipiten los sólidos.

Los parámetros de control en las ensayos de pruebas de jarras fueron; demanda química de oxígeno, color y turbidez, del agua cruda inicialmente y el agua tratada al final.

2.5.4.2 PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES.

2.5.4.1.1 Preparación del Coagulante:

El de sulfato de aluminio se lo preparó pesando 25 gramos de coagulante sólido, la solución que se elaboró para el ensayo disolviéndolo en 25 ml de agua destilada, obteniendo una solución al 1% con la cual se trabajó para realizar este tipo de ensayos.

2.5.4.1.2 Preparación del floculante:

En el caso del floculante PHP-70, estos se preparan normalmente a concentraciones de alrededor del 0,1 %. Por lo cual se procedió a disolver 5 gramos de floculante en 50 ml de agua destilada para proceder a realizar la práctica.

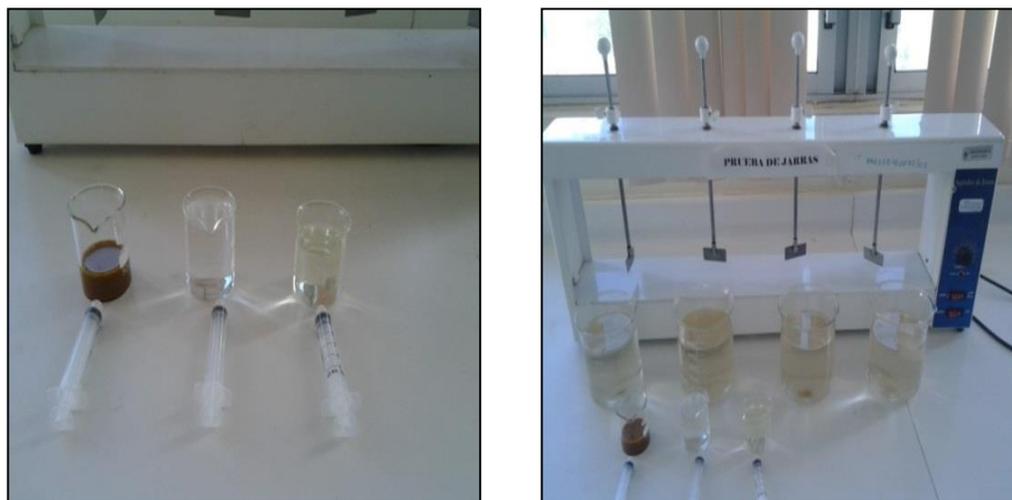


Figura 11. Clarificación por floculación y Coagulación.

2.5.4.2 Tratamiento Biológico (lodos activados).

El prototipo consistió en un tanque de almacenamiento de agua residual de 70 litros y un tanque de vidrio de 86,00 cm de largo, 19,00 cm de ancho y 27.50 cm de alto, con un volumen útil aproximado de 27.80 L, dividido en tres compartimientos uno que fue un tanque homogenizador, el segundo compartimiento al tanque de aeración o reactor aeróbico que consta de 4 compresores que proporcionan mezcla completa y aireación al sistema y el tercero al sedimentador. Con volúmenes útiles de 15.78, 7.70 y 4.40 litros respectivamente. Dichas unidades se comunican a través de orificios de 5 mm de diámetro, ubicados en la parte superior de los tabiques. En la parte media existen salidas con una manguera que permite la extracción de muestras para su análisis. El licor de mezclado y la recirculación de lodo se lo realizan manualmente.

La operación del sistema se llevó a cabo con la alimentación diaria del agua residual cruda y la recolección del agua tratada después de atravesar el sistema a un tanque de recepción. La determinación del caudal para el sistema en operación se obtiene a partir de la medición del volumen que entra al sistema, de esta manera se obtiene el caudal promedio y se garantiza la representatividad del resultado. El caudal de trabajo fue de 17 ml/min. Con un tiempo de retención de 24 horas por un lapso de 30 días.

Los parámetros de control físico-químicos analizados en el reactor fueron; pH, temperatura, sólidos sedimentables y oxígeno disuelto, realizados con una frecuencia diaria o interdiaria. Estos parámetros fueron medidos directamente en el tanque reactor por el equipo multiparámetros Hach, y los sólidos sedimentables en el laboratorio.

El conocimiento de estos parámetros permitió hacer un seguimiento y control general del sistema. Adicionalmente se realizaron determinaciones de contenido de material orgánico, como demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno en el afluente y el efluente del sistema, así como sólidos suspendidos volátiles en el reactor o licor mezclado (SSVLM).



Figura12. Tratamiento biológico por lodos activados.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS.

Las características de las aguas residuales del Campus Edison Riera km ½ vía a Guano, se expresan en base a promedios, máximos y mínimos, que se han obtenido a partir de diversos análisis realizados con muestras compuestas para obtener datos de mayor confiabilidad. Se describirá los resultados obtenidos de las pruebas de campo, pruebas de laboratorio y pruebas de tratabilidad, de los diferentes parámetros que fueron analizados.

3.1 PRUEBAS DE CAMPO

El equipo utilizado para medir los parámetros in situ fue el Equipo Multiparámetros HACH HQ 40d. Los resultados se basan en valores máximos, mínimos, y promedio de los diferentes parámetros que se analizaron durante el muestreo de aguas residuales.

Tabla No. 14 Parámetros de medición de Campo “pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto y Conductividad.”

Valores	pH	Temperatura °C	Oxígeno Disuelto Mg/L	Conductividad. mS/cm
Promedio	8.70	17.24	2.34	2.61
Máximo	9.00	19.70	2.62	3.18
Mínimo	8.35	13.40	2.22	2.26

Fuente: Andrés Cáceres.

Con estos valores calculados de los parámetros de campo; pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto y Conductividad, se interpretará la calidad del agua para considerar si son aguas de calidad para su uso agrícola en base a las normas ambientales.

3.1.1 Resultados de la medición de caudales.

Se muestra la tabla de valores finales obtenidos a través de las mediciones de caudal generadas en la descarga de Campus.

Tabla No. 15 Resultados de la medición de caudales.

Valores	Caudal (L/seg.)
Promedio	55209,60
Máximo	73785,60
Mínimo	43200.00

Fuente: Andrés Cáceres.

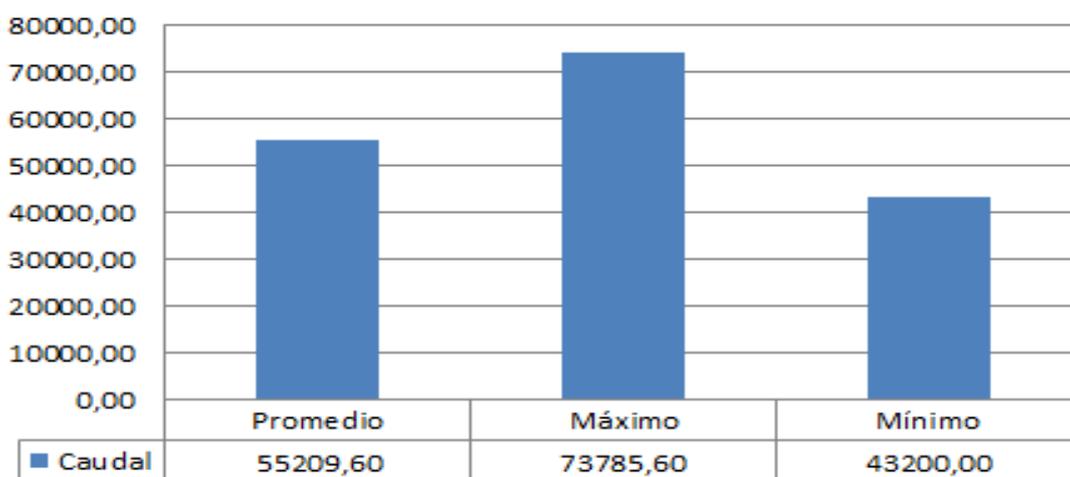


Figura13. Caudales de las descargas de aguas residuales del Campus Edison Riera.

Estos son los valores promedio, máximos y mínimos de las descarga de aguas residuales del Campus, que nos permite obtener un valor promedio (55209.06 L/seg.) que será utilizado para elaborar la propuesta de diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales.

3.2 PRUEBAS DE LABORATORIO

En base a la referencia del autor Jairo Alberto Romero Rojas en el libro Tratamiento De Aguas Residuales, se ha determinado los parámetros descritos en la tabla No. 16 para realizar las pruebas de laboratorio en donde estos parámetros indican el índice de calidad de las aguas residuales y las características esenciales de las aguas para definir la tratabilidad de acuerdo a los estándares de calidad para la reutilización en riego. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Ciencias Ambientales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad nacional de Chimborazo.

Tabla No. 16 Análisis de Laboratorio

Parámetros	Promedio	Máximos	Mínimos	Unidades
TDS	1486	1888	1294	mg/L
Turbidez	69	114	47	FTU
DBO	240	291	189	mg/L
DQO	848	910	680	mg/L
Solidos Sedimentables	1,8	2,5	1,5	mg/L
Fosfatos	19,34	21,8	16,6	mg/L
Nitratos	120	125	110	mg/L
Coliformes Fecales	25720	29000	22600	UFC

Coliformes totales	49400	52600	46700	UFC
-------------------------------	-------	-------	-------	-----

Fuente: Andrés Cáceres.

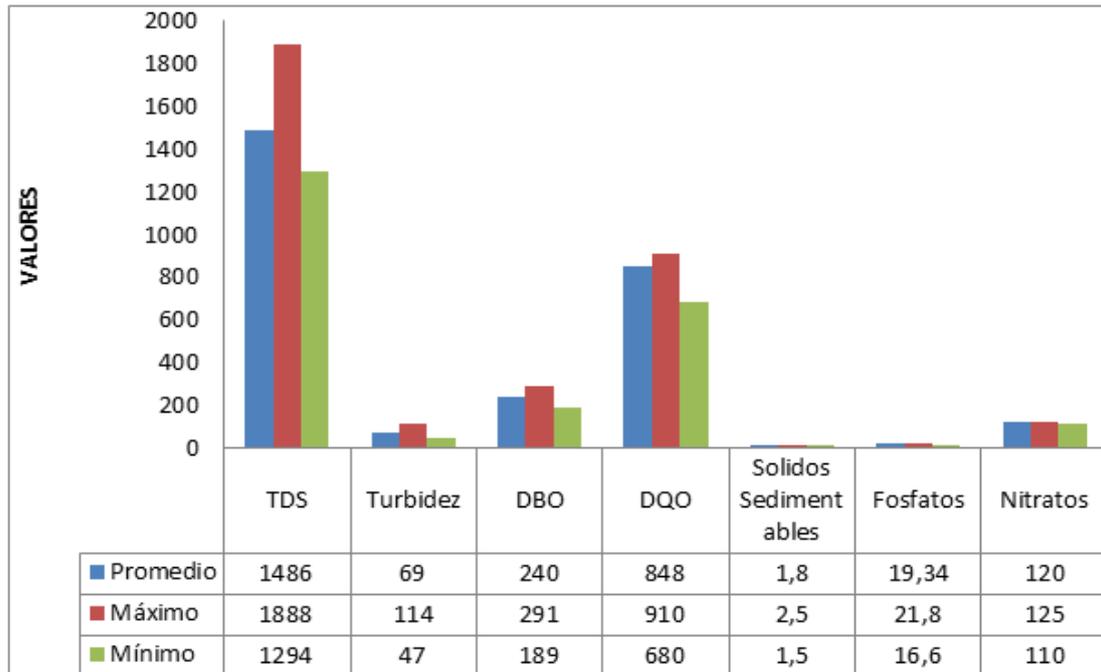


Figura14. Parámetros físico químicos y biológicos del agua residual analizados en el laboratorio.

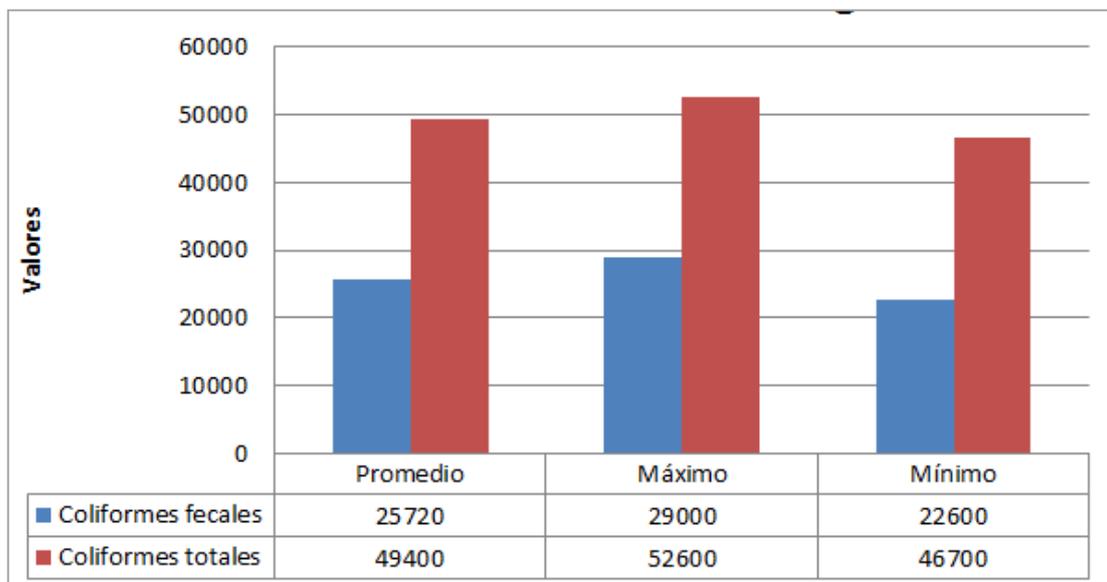


Figura15. Parámetro bacteriológico del agua residual analizado en el laboratorio.

Estos parámetros son indicadores de la calidad del agua, en donde simultáneamente con los índices del TULSMA se compararan para ver el estado de calidad de las aguas residuales del Campus.

3.3 PRUEBAS DE TRATABILIDAD.

Las pruebas de tratabilidad se enfocan a la determinación del tratamiento óptimo para las aguas residuales generadas en el Campus. Entre estas tenemos un tratamiento físico-químico o prueba de jarras, y un tratamiento biológico o por lodos activados.

3.3.1 Tratamiento Físico-Químico (floculación)

Se han tomado los parámetros pH, Temperatura, Turbidez, Color y DBO iniciales de la caracterización del agua cruda para determinar el porcentaje de reducción de los parámetros que actúan como índices de la calidad del agua residual que se genera en el Campus.

Tabla No. 17 Caracterización del agua residual para el tratamiento físico-químico.

Parámetros	Unidades	Promedio	Máximo	Mínimo
pH	--	8.70	9.00	8,35
Temperatura	*C	17,24	19,7	13,4
Turbidez	FAU	69	114	47
Color	PtCo	265	327	211
DBO	mg/L	240	291	189

Fuente: Andrés Cáceres.

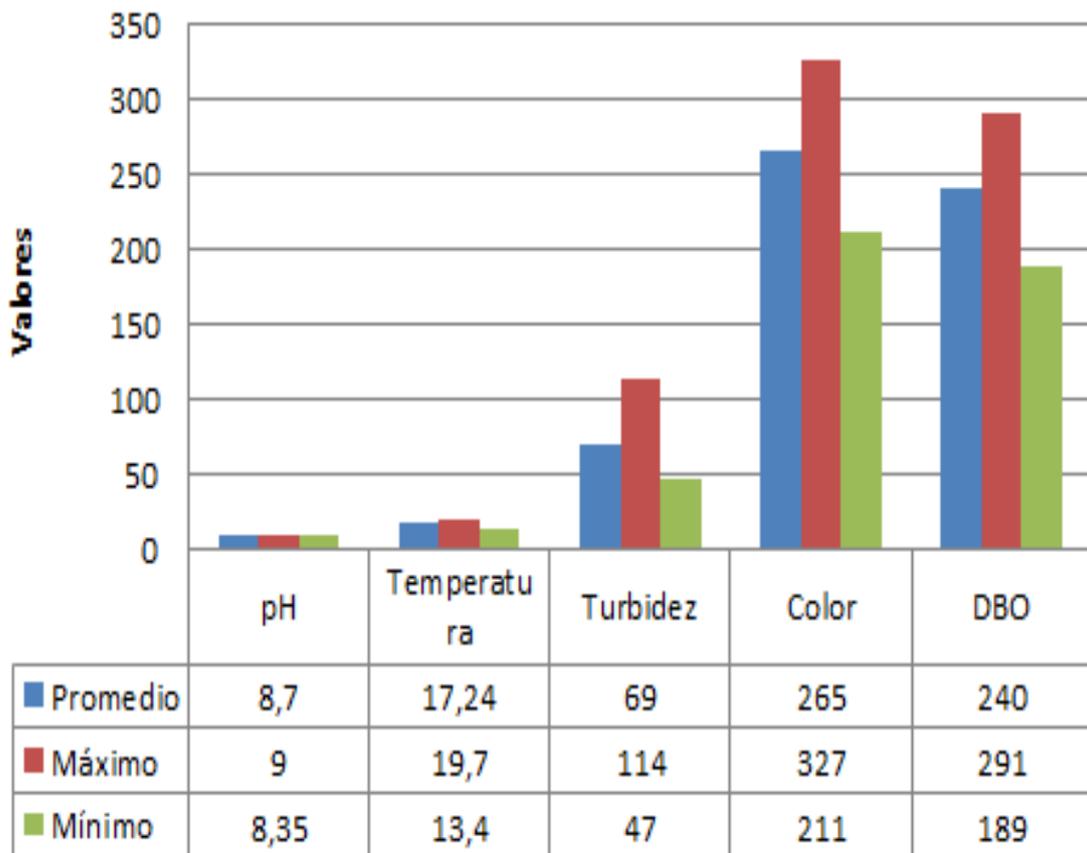


Figura16. Caracterización de los parámetros del agua residual para el tratamiento físico-químico.

Los datos de la Demanda Biológica de oxígeno (DBO) con un valor de 240 mg/L , el color con 265 ptCo y la turbidez 69 FAU, son parámetros físico químicos y biológicos que realmente son altos y deberán ser tomados muy en cuenta al momento de definir el tratamiento de aguas residuales dentro de los índices de calidad descritos por el TULSMA.

3.3.1.1 Prueba de Clarificación

Determinar la dosificación de acuerdo al reactivo utilizado para remover los parámetros de contaminación establecidos como se expresa a continuación en la Tabla No. 18.

Tabla No. 18 Dosificación óptima de coagulantes en el tratamiento físico-químico.

Reactivo Coagulante Usado	Proporción (ppm)	Floculante PHP 70 (ppm)	% Remoción DQO	% Remoción Color	% Remoción Turbidez
PAC Chino.	400	6	77.03	91.59	91.23
*Sulfato de Aluminio	200	4	84.42	92.75	91.71
Sulfato Férrico.	300	5	44.91	87.91	89.21

Fuente: Andrés Cáceres.

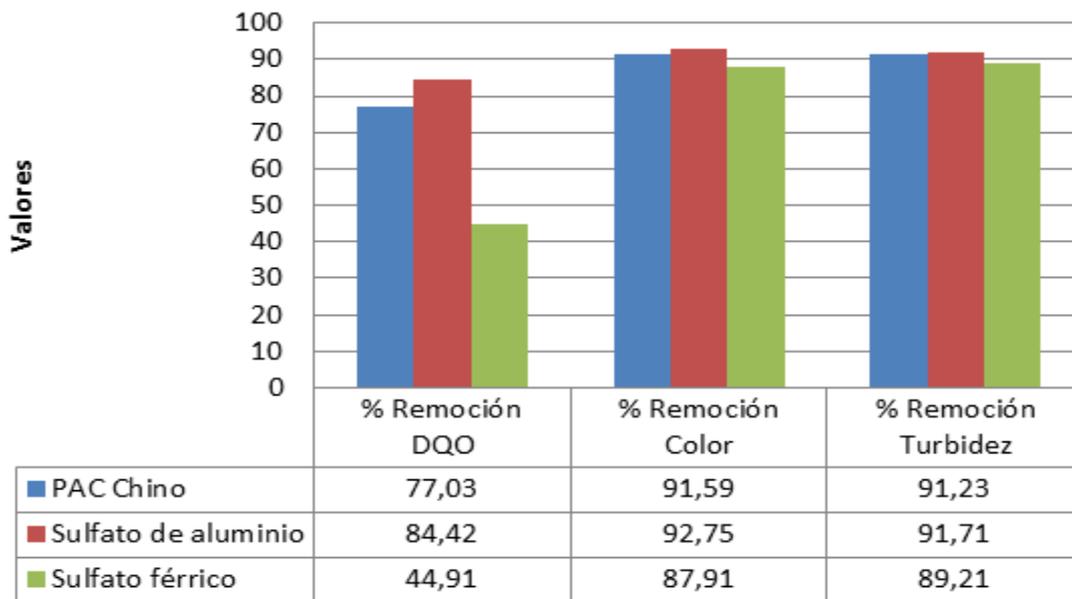


Figura17. Porcentaje de remoción de parámetros físico químicos en las pruebas de clarificación.

La dosificación óptima de acuerdo al porcentaje de remoción por el coagulante fue el Sulfato de Aluminio con 200 ppm y 4 ppm de floculante (PHP-70), para la remoción de parámetros físico-químicos. En la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se observó un descenso del 82.42%, el Color se redujo en un 92.75% y finalmente la Turbidez con una reducción del 91.71% en las pruebas de tratabilidad por clarificación.

3.3.2. Tratamiento biológico (lodos activados)

El tratamiento por lodos activados ha tomado los parámetros que están sobre los límites de la normativa ambiental para realizar el cálculo del rendimiento en porcentaje de depuración después del tratamiento a escala. En la (Tabla No.19) Se detalla los porcentajes de remoción de contaminantes.

Tabla No. 19 Porcentaje de remoción por aireación prolongada.

Parámetro	Concentración afluente	Concentración efluente	% de Remoción
DBO.	240 mg/L	15 mg/L	93.75
DQO.	848 mg/L	127 mg/L	85.02
Color.	1136 ptCo	70 ptCo	93.84
Turbidez.	69 NTU	6.7 NTU	90.29
Coliformes.	49400 UFC	6170 UFC	87.51

Fuente: Andrés Cáceres.

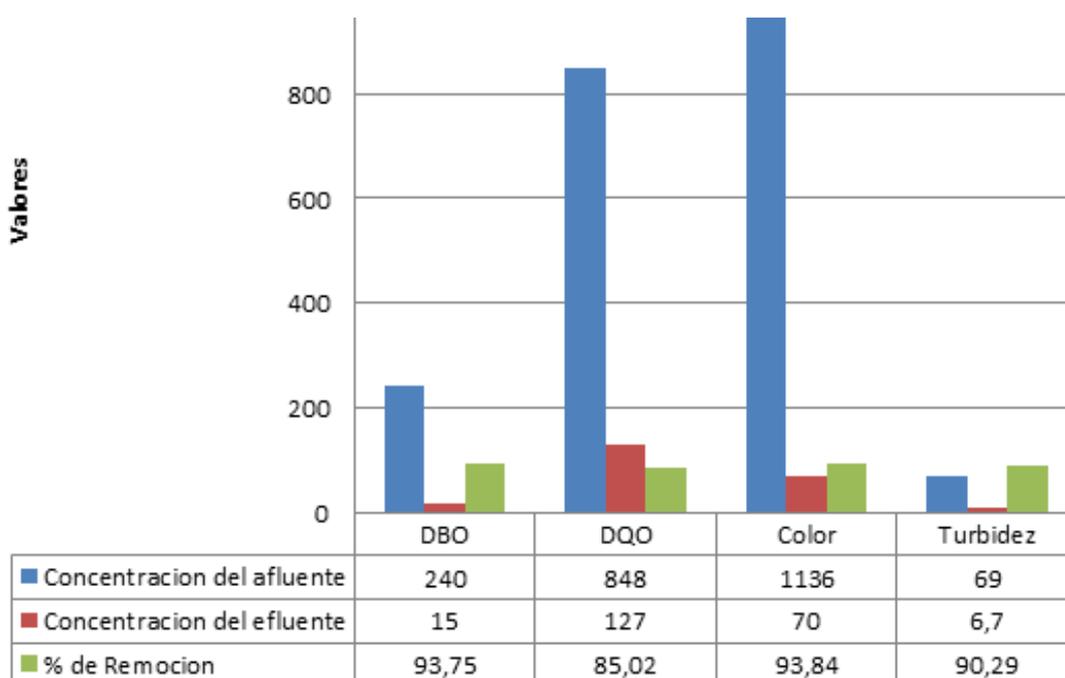


Figura18. Porcentaje de remoción de aguas residuales por medio del tratamiento biológico.

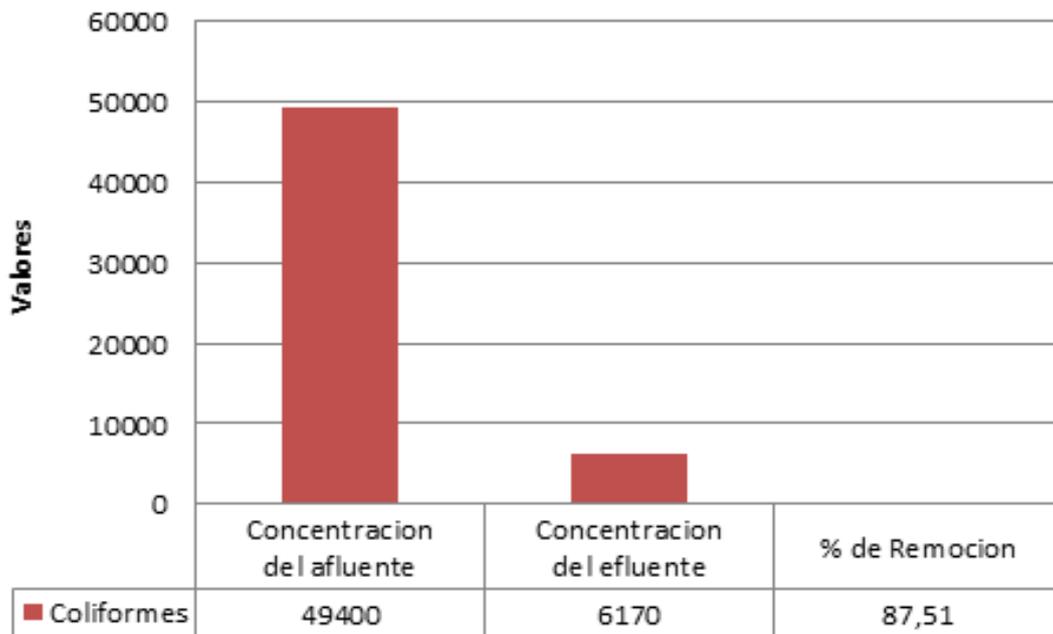


Figura 19. Porcentaje de remoción de parámetros bacteriológico de aguas residuales por medio del tratamiento biológico.

El tratamiento por aireación prolongada o lodos activados remueve el 93.75% de la demanda Biológica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de oxígeno (DQO) 85.02%, que son los principales parámetros que indican el estado físico-químico y biológico del agua y del 85 al 94% de los demás parámetros que han sido removidos por los microorganismos degradadores, cumpliendo así con el índice de calidad de aguas para riego de acuerdo a las normativas ambientales.

3.4. SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO.

3.4.1. Selección del tratamiento óptimo de acuerdo al porcentaje de remoción de los parámetros físico-químicos y biológicos.

Comparando los porcentajes de remoción de los parámetros físico-químicos y biológicos de las aguas residuales tratadas, se realizó la selección del tratamiento óptimo.

Tabla No. 20 Comparación de los tratamientos de acuerdo al porcentaje de remoción.

PARÁMETROS	TRATAMIENTO	
	Físico-químico	Lodos activados
DBO	89.52 %	93.75 %
DQO	84.42 %	85.02 %
Turbiedad	91.71%	90.29%
Coliformes	45.7%	87.51%
TOTAL	77.84%	89.14%

Fuente: Andrés Cáceres.

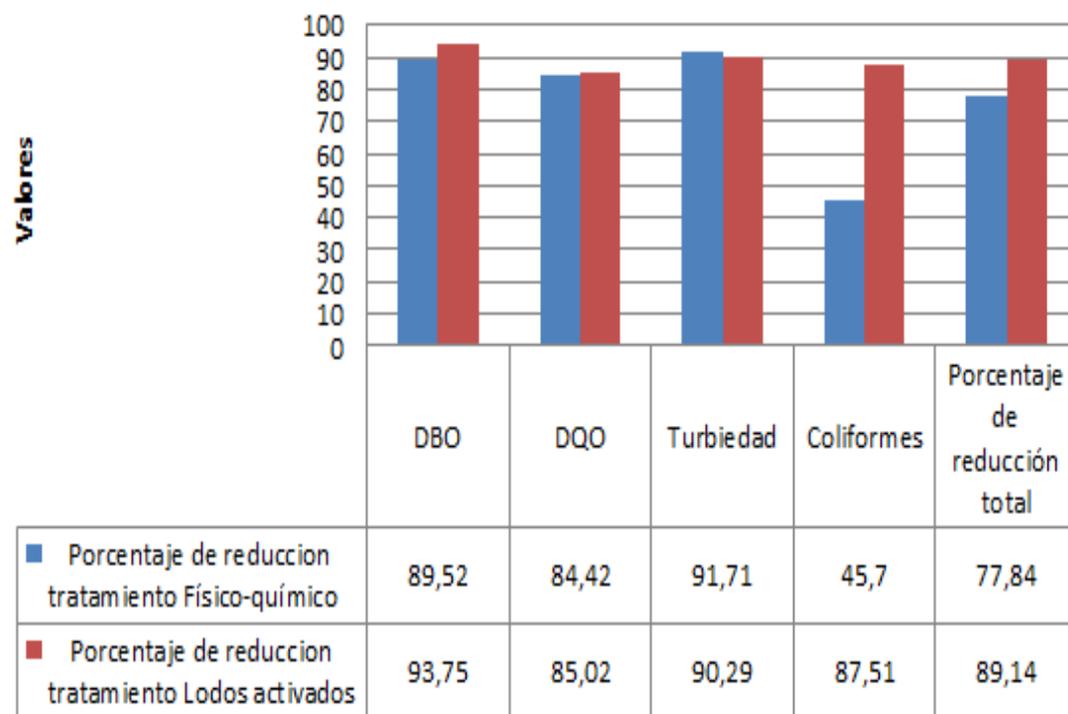


Figura 20. Comparación de los tratamientos de acuerdo al porcentaje de remoción.

De acuerdo a la Selección del tratamiento y al porcentaje de remoción de los parámetros el físico-químicos tiene el 77.84 % y el biológicos tiene en 89.14%. En cuanto a la selección del tratamiento de acuerdo a los requerimientos de funcionalidad el físico-químico requiere químicos, equipos y energía eléctrica y personal especializado, mientras que el tratamiento biológico no considera estos requerimientos. Por lo tanto se sugiere el tratamiento Biológico por Lodos Activados.

3.4.2. Selección del tratamiento de acuerdo a los requerimientos de funcionalidad.

Respecto al área requerida para la implementación de la planta de tratamiento, los químicos coagulantes y floculantes, consumo de la energía eléctrica y personal de mantenimiento se hizo una comparación entre tratamientos con el objetivo de determinar el tratamiento óptimo.

Tabla No. 21 Comparación de tratamientos por los requerimientos de funcionalidad.

	Físico-químico	Lodos activados
Superficie requerida	Pequeña	Considerable
Químicos	Coagulante Floculante Cloro	Cloro
Equipo/Energía eléctrica	2 Bombas de agua 2 Paletas de hélices 1 Compresor de aire 3 Bombas dosificadoras	1 Bomba 2 Bombas dosificadoras 1 Compresor de aire

Personal de mantenimiento	Técnico especializado	No especializado
----------------------------------	-----------------------	------------------

Fuente: Andrés Cáceres.

3.4.3 Relación de los resultados con los límites permisibles del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

En la siguiente tabla se establecen los valores comparativos de a concentración de inicial del agua cruda y la concentración final de las agua tratada mediante un tratamiento biológico a escala obtenido en el laboratorio. Se determina el cumplimiento o no de los limites permisibles por el TULSMA, Libro VI – Anexo 1: (Tabla No. 22), y la verificacion para el cumplimiento de la normativa. Anexo No. 8 y 9

Tabla No. 22 Comparación de los parámetros del agua cruda y tratada con la normativa ambiental.

Parámetro	Unidad	Concentración Inicial	Concentración Final	Limite Permissible	Cumplimiento
DBO.	mg/L	240	15	100	Cumple
DQO.	mg/L	848	127	250	Cumple
Color.	ptCo	1136	70	100	Cumple
Turbidez.	NTU	69	6.7	<10	Cumple

Fuente: Andrés Cáceres.

Los parámetros de las aguas residuales tratadas cumplen con la normativa ambiental, esto quiere decir que es un agua tratada que puede ser reutilizada para el riego de áreas verdes.

CAPÍTULO IV

4.1. DISCUSIÓN.

4.1.1. Pruebas de Campo.

El muestreo de las aguas residuales se realizó mediante pruebas de campo en donde se analizaron varios parámetros in situ como; pH, oxígeno disuelto, conductividad, que identifican los valores exactos de estos parámetros debido a que las muestras no alteran sus propiedades físicas y químicas, como ocurre cuando las muestras son transportadas a un laboratorio en donde sus características varían. Es por ello que estos datos son tomados directamente de la descarga.

El caudal tomado representa el total de las descargas diarias generadas en el campus en donde se identificaron valores máximos, mínimos y promedio, ya que el caudal determina la cantidad de agua residual que debe ser tratada y por tanto determina la dimensión de la planta de tratamiento que se propone en este proyecto.

4.1.2. Pruebas de Laboratorio.

Las características de las aguas residuales analizadas en el laboratorio permitió identificar las variables de los parámetros tales como; demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, color, turbiedad, ya que de acuerdo a esta caracterización se obtendrán los valores iniciales que determinan de acuerdo a la legislación ambiental cuales son los parámetros que están fuera del límite permisible de calidad de aguas para su uso en el riego de áreas verdes. Las aguas residuales caracterizadas en el laboratorio alimentaran el prototipo en donde se realizó las pruebas tratabilidad en un ambiente controlado.

4.1.3. Pruebas de Tratabilidad.

Las aguas residuales que se generan en el campus son utilizadas para realizar las pruebas de tratabilidad en un ambiente controlado mediante un tratamiento biológico por lodos activados. En este ambiente controlado se conocen los valores de parámetros iniciales y finales de las aguas residuales que alimentaron el prototipo.

El proceso aerobio de lodos activados, permitió la proliferación de bacterias degradadoras que se identifican como sólidos sedimentables en el sistema, estas reducen significativamente la Demanda Biológica de Oxígeno en un 93.75%, Demanda Química de Oxígeno en un 85.02%, Color 93.84 % Turbiedad 90.29%, Coliformes 87.51% después de un mes de haber alimentado constante mente el prototipo con agua residual de flujo continuo y aireación prolongada en el biorreactor.

Mediante una comparación de los valores de los parámetros de las aguas residuales con la ley de gestión ambiental se pudo determinar que las aguas tratadas en el sistema controlado por lodos activados son de calidad para el riego en áreas verdes.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

- El determinar las características físico-químicas y biológicas de las aguas residuales mediante la medición de parámetros in situ y en el laboratorio permitió establecer las pruebas de tratabilidad para identificar el sistema de depuración para las aguas residuales generadas en el Campus Edison Riera y se pudo conocer los datos para el dimensionamiento de la planta de tratamientos de acuerdo a su caudal promedio de 55.209,6 L/día.
- El sistema controlado por lodos activados y aireación prolongada ayudó a que los microorganismos aerobios se desarrollen en el sistema y estos se encargaron de descomponer la materia orgánica de las aguas residuales obteniendo resultados de porcentajes de reducción de los parámetros de control como la Demanda Biológica de Oxígeno en un 93.75%, Demanda Química de Oxígeno en un 85.02%, Color 93.84 % Turbiedad 90.29%, Coliformes 87.51%.
- El tratamiento de aguas residuales por medio de lodos activados a escala en el laboratorio fue el tratamiento más eficiente en comparación con los ensayos realizados con clarificación físico-química, es así que puede ser implementado el diseño dentro del proyecto del Campus Edison Riera. El cual se ha convertido en un sistema de alto rendimiento que permite que los parámetros sean aptos para la reutilización de las aguas tratadas, en el riego de áreas verdes de acuerdo a la Ley de gestión Ambiental, en el libro VI del TULSMA.
- En los ensayos físico-químicos de laboratorio se dosificó flocculantes y coagulantes químicos en las aguas residuales para su tratamiento pero produjo resultados del 77.84% de remoción siendo un porcentaje de reducción menor al

tratamiento biológico con un porcentaje de remoción del 89.14% mediante la comparación de datos.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Para caracterizar las aguas residuales de un afluente se recomienda establecer un horario de muestreo aleatorio para generar mayor validez en la generación de datos y exactitud en los resultados de acuerdo al número de muestras analizadas.
- Llevar a cabo las pruebas de tratabilidad en el laboratorio bajo un sistema controlado antes de proyectar el diseño de una planta de tratamientos de aguas residuales, ya que de esto dependerá el buen funcionamiento de la planta.
- En el caso de tener el objetivo de reutilizar las aguas residuales para su uso en el riego de áreas verdes se debe realizar la caracterización físico-química y biológica del agua y determinar si es apta para dicho uso.
- Disponer de los equipos adecuados para el muestreo de las aguas residuales podrá mejorar la calidad de los datos obtenidos mediante la medición de parámetros in situ y en el laboratorio.
- Monitorear los parámetros físico-químicos y biológicos durante las pruebas de tratabilidad por lodos activados ayudará a identificar como los parámetros cambian a lo largo del tratamiento consiguiendo así una serie de datos que indican como la degradación de los microorganismos actúa en las aguas tratadas.

CAPÍTULO VI.

PROPUESTA

6.1 Título de la propuesta.

Diseño de una Planta de Tratamiento Biológico por medio de Lodos Activados para reducir los parámetros de contaminación de las Aguas Residuales generadas en el Campus (UNACH) Edison Riera Km ½ vía a Guano.

6.2 Introducción.

La propuesta para tratar las aguas residuales del Campus Edison Riera es la implementación de una planta de tratamiento en base al diseño planteado en el presente proyecto. El diseño mediante sus procesos unitarios va a reducir los parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Coliformes fecales, color, y turbidez que estén fuera de los límites permisibles de la normativa ambiental reduciendo significativamente la carga contaminante.

Los análisis de las aguas residuales para determinar sus características físico-químicas y biológicas se llevaron a cabo mediante el muestreo de los afluentes del Campus. En donde se miden parámetros in situ, la recolección de las muestras de agua para su análisis en el laboratorio.

Los resultados obtenidos en las pruebas de tratabilidad desarrolladas en el laboratorio son determinantes para el tratamiento biológico por lodos activados ya que en base a esos resultados se proyecta a una escala real para los cálculos basados en el caudal promedio de 55.21 m³/día que se genera en el Campus. De esta manera proyecta el diseño, dimensionamiento de la infraestructura y selección de equipos para el sistema.

6.3 Objetivos

6.3.1 Objetivo General.

Diseño de una planta de tratamiento biológico por medio de lodos activados para reducir los parámetros de contaminación de las aguas residuales generadas en el Campus Edison Riera km ½ vía a Guano.

6.3.2 Objetivos Específicos:

- Calcular y diseñar la planta de tratamiento para las aguas residuales generadas en el campus Edison Riera.
- Determinar la factibilidad económica y física para la ubicación de la planta de tratamientos.

6.4 Fundamentación Científico –Técnica.

El tratamiento de aguas residuales consiste en combinar operaciones unitarias que mediante procesos físico-químicos y biológicos en varias etapas permiten la depuración de las aguas. Estos procesos unitarios consisten generalmente en un pre-tratamiento, tratamiento primario que eliminan los sólidos gruesos y homogenizan los caudales, tratamiento secundario que se basa en la aplicación de procesos biológicos y un tratamiento terciario que sirve para eliminar componentes resistentes al tratamiento biológico, en este caso la cloración sería el método más adecuado para eliminar los microorganismos que resistan a los anteriores tratamientos sobre todo si el agua residual está dispuesta para su reutilización en el riego de áreas verdes.

6.4.1 Aplicación de procesos y operaciones de tratamiento para aguas residuales.

6.4.1.1 Pre-tratamiento de aguas residuales.

El pre tratamiento de aguas residuales consiste en eliminar, los sólidos de gran dimensión, arena, aceites y grasas que pueden causar problemas de operación en el sistema de tratamiento por medio del desbaste. (Gómez y Hontoria, 2003). Ver figura 21.

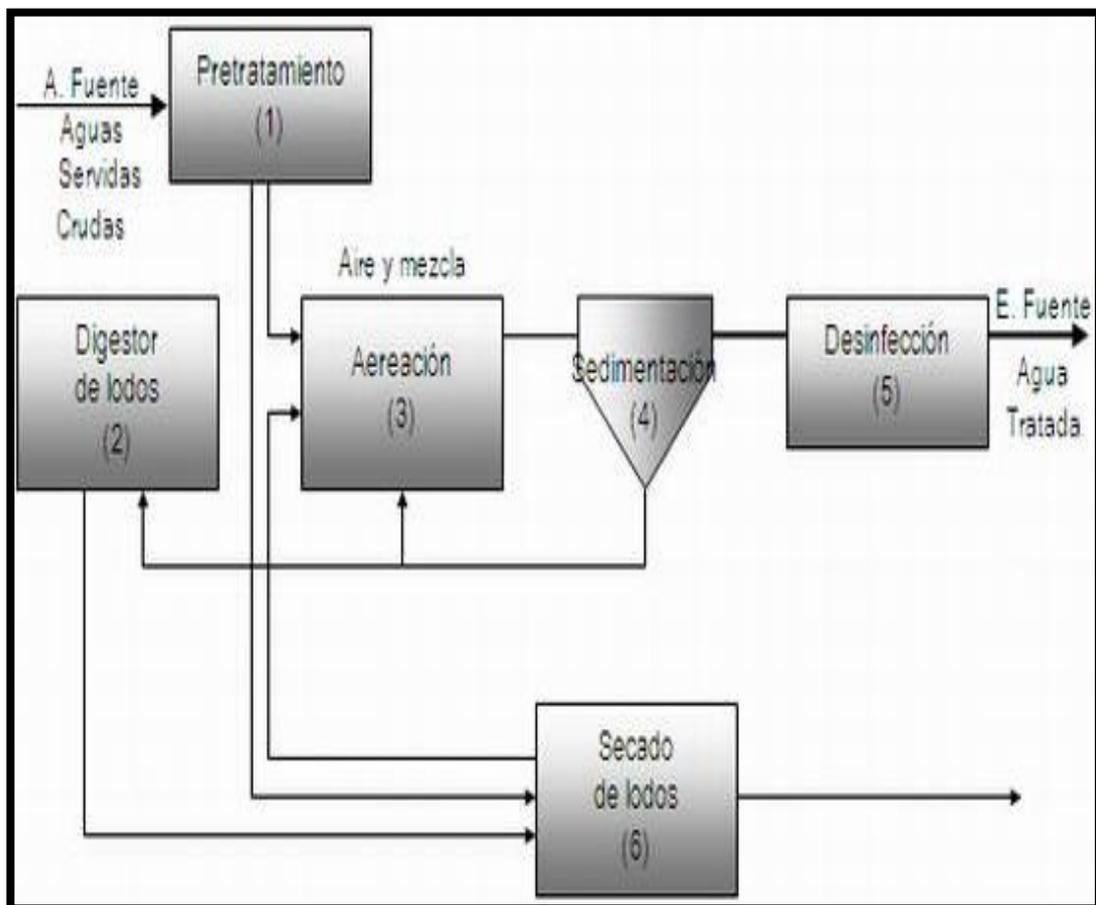


Figura 21. Diagrama de los sistemas de tratamiento

Fuente: Mecanismos de separación en el tratamiento de aguas residuales. (Gómez y Hontoria, 2003).

6.4.1.2 Tratamiento primario.

El tratamiento primario se emplea para la eliminación de los sólidos en suspensión y los materiales flotantes, impuesta por los límites, tanto de descarga al medio receptor como para poder llevar los efluentes a un tratamiento secundario, bien directamente o pasando por una neutralización u homogenización. (Gerard J, 2007).

- Cribado o desbrozo.
- Sedimentación.
- Homogenización.

6.4.1.3 Tratamiento secundario.

El tratamiento secundario comprende tratamientos biológicos convencionales, que permita conseguir una selección adecuada de los procesos y el diseño de los equipos requeridos. (Rigola, 1990).

- Lodos activados.
- Aireación prolongada.

6.4.1.4 Tratamiento Terciario/ Recuperación del agua residual.

El tratamiento terciario es necesario, para eliminar los constituyentes de las aguas, como elementos tóxicos, nutrientes y la mayor cantidad de carga orgánica y de sólidos suspendidos. Las operaciones unitarias más comunes en los tratamientos terciarios son la cloración, sedimentación y precipitación para que el agua pueda ser:

- Cloración.
- Sedimentación y precipitación.

6.4.1.5 Control y eliminación de nutrientes.

Las descargas de aguas residuales en aguas receptoras confinadas, causan la eutrofización y nitrificación del medio que condiciona la cantidad de oxígeno. Esto provoca que las aguas subterráneas no puedan ser usadas y en aguas superficiales provocan la proliferación desmedida de plantas acuáticas. Los nutrientes presentes en mayor concentración son el fósforo y el nitrógeno que se eliminan mediante procesos unitarios físicos, biológicos y químicos.

Tabla No. 23 Remoción de constituyentes.

Principal función de eliminación	Descripción de la operación del proceso
Eliminación de sólidos suspendidos	Filtración.
Eliminación de nitrógeno	Desnitrificación biológica
Eliminación de compuestos tóxicos y materia orgánica refractaria.	Adsorción sobre carbono. Fangos activados. Carbón activado en polvo
Eliminación de sólidos inorgánicos disueltos.	Precipitación química Intercambio iónico Ultrafiltración
Compuestos orgánicos volátiles	Volatilización. Arrastre con gas.

Fuente: Manual de procesos Eliminación de constituyentes por medio de operaciones y procesos de tratamiento avanzados, Metcalf y Eddy, 1996.

6.4.2 Diseño y ejecución de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

Para la determinación del tratamiento y su sistema, se deberá considerar las características de las aguas residuales de acuerdo a la disposición final del efluente. La solución de un problema de tratamiento de aguas residuales incluye, generalmente, cinco etapas principales:

- Caracterización de las aguas residuales y comparación con parámetros de vertido.
- Elaboración de una propuesta de diseño para el tratamiento de aguas residuales, en donde se identifiquen cada uno de los procesos, en comparación con costos de mantenimiento y los parámetros de tratamiento.
- Disminuir costos en el diseño.
- Planificación y construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Mantenimiento en los sistemas de operación.

Para elaborar el diseño, y ejecución de un sistema de tratamiento de aguas residuales, considera el aporte de varios profesionales que se despliegan en varias áreas como la geología, ingeniería civil, microbiología, ingeniería química, economía. El éxito de este tipo de proyectos depende del ingeniero ambiental, que va a diseñar el sistema de tratamiento.

Las condiciones geoespaciales, económicas y sociales, en donde se va ubicar la planta de tratamientos de aguas residuales deberán cumplir con los requerimientos y disposición de personal técnico que labore en las instalaciones y estén a cargo de los procesos de control, automatización, operación y el mantenimiento de la planta. La eficiencia del diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales erradica en el mantenimiento y bajos costos de operación.

La optimización de los procesos garantiza el éxito del diseño y la calidad de los efluentes disminuyendo los costos mediante la automatización del sistema y el personal técnico calificado.

6.4.2.1 Factores importantes para la selección del diseño del sistema de tratamiento.

- **Factibilidad:** Presupuesto, disposición del área para la construcción y permisos de operación.
- **Aplicabilidad:** La calidad del efluente deberá mantener un rendimiento basado en el caudal propuesto.
- **Confiabilidad:** Los procesos deberán cumplir condiciones óptimas de funcionamiento, y el soporte para condiciones en el que el caudal sea extremo o mínimo.
- **Costos:** Tomar en cuenta la disponibilidad de recursos económicos para la operación y mantenimiento del sistema de tratamiento.
- **Características del afluente:** Se determina el tipo de tratamiento para el efluente, el tipo de reactor y tamaño del sistema de acuerdo a las necesidades, para cumplir con los parámetros de calidad de las aguas.
- **Producción de lodos:** La calidad y cantidad de lodos que se producen cuantifican la complejidad del tratamiento y los requerimientos para su disposición final.
- **Requerimientos de personal:** Los procesos óptimos, deberán contar con un personal calificado.¹¹

¹¹ Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

6.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta planteada consiste en dimensionar los procesos unitarios para el tratamiento de aguas residuales en base al caudal generado en el Campus Edison Riera y en base a los resultados de la caracterización y las pruebas de tratabilidad realizadas en el laboratorio ya que de estos análisis se generan los datos necesarios para calcular y proyectar el diseño a escala real para un tratamiento biológico por lodos activados.

6.5.1 DISEÑO DE CRIBAS O REJILLAS.

Las cribas o rejillas son parte del pre-tratamiento de aguas residuales, estas consiste en la separación sólidos de grandes dimensiones que contienen las corrientes de aguas residuales, previniendo que ingresen al sistema de depuración y causen algún taponamiento en las tuberías, o el daño de las bombas ver Anexo No.10.

Tabla No. 24 Datos para determinar el diseño de rejillas.

Datos Iniciales.			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal	Q	0.000703	m ³ /seg
Velocidad mínima a través de las barras	V _b	0.6	m/seg
Ancho del canal de llegada	b	0.4	m
Altura de seguridad	H _s	0.80	m
Angulo de inclinación de la barras	α	45	--
Separación entre barras	e	0.025	m
Espesor de las barras	S	0.01	m
Coefficiente de pérdidas	β	2.42	--
Pendiente del canal	p	2	%

Fuente: Andrés Cáceres.

a) Calcular el área libre al paso de agua utilizando la ecuación 3.

$$Al = \frac{Q}{Vb}$$

$$Al = \frac{0.000703m^3/seg}{0.6 m/seg}$$

$$Al = 0.0012 m^2$$

Dónde:

- Q = Caudal.
- Vb = Velocidad a traves de las barras.

b) Calcular el tirante de agua en el canal con la ecuación 4.

$$h = \frac{Al}{b}$$

$$h = \frac{0.0012m^2}{0.40m}$$

$$h = 0.003 m$$

Dónde:

- Al = Área libre al paso de agua.
- b = Ancho del canal de llegada.

c) Se encuentra la altura total del canal, con la ecuación 5:

$$H = h + H_s$$

$$H = 0.003m + 0.80m$$

$$H = 0.803m$$

Se determinó un canal trapecial abierto para conducir el agua residual a sistema.

Dónde:

- h = Tirante de agua en el canal.
- H_s = Altura de seguridad.

d) Se determina la longitud de las barras con la ecuación 6:

$$Lb = \frac{H_s}{\sin \alpha}$$

$$Lb = \frac{0.803m}{\sin 45^\circ}$$

$$Lb = 0.94 m$$

Dónde:

- H_s = Altura de seguridad.
- α = Angulo de inclinacion de las rejillas con respecto a la horizontal del canal.

Se calcula el número de barras utilizando la ecuación 7:

$$n = \left(\frac{b}{e + S} \right) - 1$$

$$n = \left(\frac{0.40m}{0.025m + 0.01m} \right) - 1$$

$$n = 10$$

Dónde:

- e = Separación entre barras.
- b = Ancho del canal de llegada.
- S = Espesor máximo de las barras.

e) **Cálculo de la pérdida de carga en las rejillas con la ecuación 8:**

$$hf = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{4/3} * \frac{Vb^2}{2g} . \text{Sin } \alpha$$

$$hf = 2.42 \left(\frac{0.01m}{0.025m} \right)^{4/3} * \frac{(0.6m/seg)^2}{2 * 9.8m/seg^2} . \text{Sin } 45^\circ$$

$$hf = 0.0032 m$$

Dónde:

- β = Factor dependiente de la forma de las barras

- S = Espesor máximo de las barras.
- e = Separación entre barras.
- Vb = Velocidad.
- g = Gravedad

Tabla No. 25 Resultados diseño de rejillas.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Área libre al paso de agua.	Al	0.0012	m ²
Tirante de agua en el canal.	h	0.003	m
Altura total del canal.	H	0.803	m
Longitud de las barras.	L	0.94	m
Numero de barras.	n	10	--
Perdida de carga en las rejillas.	hf	0.0032	m

Fuente: Andrés Cáceres.

6.5.2 DISEÑO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR.

El tanque homogenizador tiene como objeto regular el caudal de las descargas de aguas residuales para el sistema de tratamiento e igualar las características físico-químicas y biológicas del efluente para optimizar el tratamiento posterior.

Tabla No. 26 Datos para el dimensionamiento del tanque homogenizador.

Datos iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal	Q	55.21	m ³ /día
Tiempo	Θ	0.5	día

Fuente: Andrés Cáceres.

a) **Calcular el diseño del homogenizador para un caudal adicional en un 10%**

$$Q = 55.21 \text{ m}^3/\text{día}$$

Caudal más el 10%: Caudal Final más el 10% en el caso de haber alguna sobrecarga de efluentes.

Ecuación 27

$$Q + 10\% = 60.72 \text{ m}^3/\text{día}$$

Formula de Caudal con la ecuación 2:

$$Q = \frac{v}{\theta}$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- θ = Tiempo.

b) Determinar volumen usando la ecuación 9:

$$v = Q * \theta$$

$$v = 27.6 \text{ m}^3 \text{ Volumen Inicial}$$

$$v = 30.36 \text{ m}^3 \text{ Volumen más el 10\%}$$

c) Calcular la altura del espejo de agua utilizando la ecuación 10:

$$v = 2h * h * h$$

$$v = 2h^3$$

$$2h^3 = v$$

Donde.

- a = Largo.
- h = Altura.
- p = Profundidad.

d) Reemplazamos la ecuación anterior y usamos la ecuación 11 para determinar la altura del tanque.

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{2}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{30.36\text{m}^3}{2}}$$

$$h = 2.48 \text{ m}$$

e) Largo del tanque considerando una relación 2:1 se tiene:

$$a = 2h$$

$$a = 2(2.48m)$$

$$a = 4.96m$$

f) Profundidad.

$$p = h$$

$$p = 2.48 m$$

Tabla No. 27 Resultados para el dimensionamiento del tanque homogenizador.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal	Q	60.72	m ³ /día
Volumen	V	30.36	m ³
Altura del tanque	h	2.48	m
Largo del tanque	a	4.96	m
Profundidad	p	2.48	m
Borde libre	--	0.30	m

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.3 DISEÑO DEL TANQUE SEDIMENTADOR PRIMARIO

Los tanques sedimentadores se encargan de retirar gran cantidad de material en suspensión mediante la precipitación en el cual los sólidos suspendidos por acción de la gravedad y el tiempo de retención de los efluentes se sedimentan en el fondo del tanque ver Anexo No.11.

Tabla No. 28 Datos para el dimensionamiento del sedimentador primario.

Datos Iniciales			
Parámetro.	Simbología.	Cantidad.	Unidad.
Caudal.	Q	55.21	m ³ /día
Tiempo de retención.	θ	2	horas

Fuente: Andrés Cáceres.

a) **Formula de Caudal utilizamos la ecuación 2:**

$$Q = \frac{v}{\theta}$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- t = Tiempo.

b) Se determina el volumen usando la ecuación 9:

$$v = Q * \theta$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- θ = Tiempo.

Reemplazando datos obtenemos un volumen de m^3 .

$$v = 4.6 m^3$$

c) Calcular la altura del espejo de agua utilizando la ecuación 10:

$$v = 2h * h * h$$

$$v = 2h^3$$

$$2h^3 = v$$

Dónde:

- a = Largo.
- h = Altura.
- p = Profundidad.

d) Reemplazamos la ecuación anterior y usamos la ecuación 11 para determinar la altura del tanque.

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{2}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{4.6m^3}{2}}$$

$h = 1.32 m$ Altura del espejo de agua

e) Largo del tanque considerando una relación 2:1 se tiene:

$$a = 2h$$

$$a = 2(1.32m)$$

$a = 2.64 m$ Largo.

f) Profundidad.

$$p = h$$

$$p = 1.32 m$$

Tabla No. 29 Resultados para el dimensionamiento del tanque sedimentador primario.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Volumen	V	4.6	m ³
Altura del tanque	h	1.32	m
Largo del tanque	a	2.44	m
Profundidad	p	1.32	m
Borde libre	--	0.30	m

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.4 DISEÑO DEL TANQUE DE AIREACION:

El tanque de aireación provee de una mezcla de lodos activados recirculados del sedimentador secundario y un flujo de oxígeno provisto de un compresor al agua residual cruda para degradar la materia orgánica debido a la proliferación de bacterias degradadoras aeróbicas en el tanque ver Anexo No. 12.

6.1.4.1 Cálculos de los parámetros de las aguas residuales obtenidas en el laboratorio proyectando al caudal real generado en el Campus Edison Riera:

Tabla No. 30 Datos iniciales de los parámetros físico-químicos y biológicos del agua residual cruda.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidad
Caudal.	Q	60.73	m ³ /día
DBO del afluente.	S _o	240	mg/L
Ssv licor de mezcla.	X	2000	mg/L
Tiempo de retención.	Θ	1	día

DBO del efluente.	S	15	mg/L
Solidos suspendidos del efluente.	S _s	19	mg/L
% Solidos Ssv.	% SSv	76	%
Solidos totales efluente.	St _e	9500	mg/L
Constante cinética.	Y	0.91	--
Constante cinética.	K _d	0.01	--
% O ₂ en el aire.	% O ₂	21	%
Densidad del aire.	ρ	0.86	kg/m ³

Fuente: Andrés Cáceres.

Tabla No. 31 Resultados de los parámetros físico-químicos del agua residual tratada.

Resultados Obtenidos				
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidad	Ecu. No.
Tiempo de retención hidráulica o tiempo de aireación.	Θ	1	día	12
Carga orgánica del proceso.	C _o	14.37	mg/L	13
Carga orgánica volumétrica.	C _{ov}	0.48	$\frac{kg * DBO}{m^3 * día}$	14
DBO del efluente.	S _e	14.575	mg/L	15
Biomasa en el reactor.	XV	115.74	Kg	16
		3	Ssv	
Producción de lodo.	P _x	11.57	KgSsv /día	17
Solidos totales de desecho.	L _s	15.23	Kg/día	18
Caudal de lodos.	Q _w	1.6	m ³ /día	19
			.	
Solidos de recirculación.	X _r	7220	mg/L	20

Caudal de recirculación.	Q_r	23.27	$m^3/día$	21
Demanda de oxígeno.	DO	4.13	Kg $O_2/día$	22
Caudal de aire.	Q_{aire}	22.87	$m^3/día$	23
Relación alimento/microorganismo.	A/M	0.13	d^{-1}	24
Eficiencia en remoción DBO total.	ET	97.17	%	25
Eficiencia en remoción DBO soluble	E	93.75	%	26

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE AIREACIÓN.

Para el dimensionamiento del tanque de aireación es necesario al caudal y los datos generados en base cálculos de los parámetros de las aguas residuales obtenidas en el laboratorio proyectando al caudal real generado en el Campus Edison Riera:

Tabla No. 32 Datos para el dimensionamiento del tanque de aireación.

Datos Iniciales			
Parámetro.	Simbología.	Cantidad.	Unidad.
Caudal ingreso.	Q_i	60.73	$m^3/día$
Caudal de recirculación	Q_r	23.27	$m^3/día$
Tiempo	θ	1	día

Fuente: Andrés Cáceres.

a) Determinamos el caudal total que ingresa al sistema con la siguiente formula:

Ecuación 28.

$$QT = Qi + Qr$$

Dónde:

- Qi = Caudal ingreso.
- Qr = Caudal de recirculación
- QT = Caudal total.

$$QT = (84 \text{ m}^3/\text{día})$$

b) Se determina el volumen usando la ecuación 9:

$$v = Q * \theta$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- θ = Tiempo.

Reemplazando datos obtenemos un volumen de m^3 .

$$v = 84m^3$$

c) Calcular la altura del espejo de agua utilizando la ecuación 10:

$$v = 2h * h * h$$

$$v = 2h^3$$

$$2h^3 = v$$

Dónde:

- a = Largo.
- h = Altura.
- p = Profundidad.

d) Reemplazamos la ecuación anterior y usamos la ecuación 11 para determinar la altura del tanque.

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{2}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{84m^3}{2}}$$

$$h = 3.48 m$$

e) Largo del tanque considerando una relación 2:1 se tiene:

$$a = 2h$$

$$a = 2(3.48m)$$

$$a = 6.96 m$$

f) Profundidad.

$$p = h$$

$$p = 3.48 m$$

Tabla No. 33 Resultados para el dimensionamiento del tanque de aireación.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal total	Q_T	84	m ³ /día
Volumen	V	84	m ³
Altura del tanque	h	3.48	m
Largo del tanque	a	6.96	m
Profundidad	p	3.48	m
Borde libre	--	0.30	m

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.5 DISEÑO DEL TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO:

El tanque sedimentador secundario tiene por objeto precipitar los lodos producidos el tratamiento biológico y recircularlos al tanque de aireación, ya que contiene bacterias aerobias degradadoras que se requieren para tratar el agua residual.

Tabla No. 34 Datos para el dimensionamiento del tanque sedimentador secundario.

Datos Iniciales			
Parámetro.	Simbología.	Cantidad.	Unidad.
Caudal.	Q	84	m ³ /día
Tiempo de retención.	Θ	2	horas

Fuente: Andrés Cáceres.

a) Formula de Caudal utilizamos la ecuación 2:

$$Q = \frac{v}{\theta}$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- t = Tiempo.

b) Se determina el volumen usando la ecuación 9:

$$v = Q * \theta$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- Θ = Tiempo.

Reemplazando datos obtenemos un volumen de m^3 .

$$v = 7m^3$$

c) Calcular la altura del espejo de agua utilizando la ecuación 10:

$$v = 2h * h * h$$

$$v = 2h^3$$

$$2h^3 = v$$

Dónde:

- a = Largo.
- h = Altura.
- p = Profundidad.

d) Reemplazamos la ecuación anterior y usamos la ecuación 11 para determinar la altura del tanque.

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{2}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{7m^3}{2}}$$

$$h = 1.52 \text{ m}$$

d) Largo del tanque considerando una relación 2:1 se tiene:

$$a = 2h$$

$$a = 2(1.52m)$$

$$a = 3.04 \text{ m Largo.}$$

e) Profundidad.

$$p = h$$

$$p = 1.52 \text{ m Profundidad.}$$

Tabla No. 35 Resultados para el dimensionamiento del tanque sedimentador secundario

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Volumen	V	7	m ³
Altura del tanque	h	1.52	m
Largo del tanque	a	3.04	m
Profundidad	p	1.52	m

Borde libre	--	0.30	m
-------------	----	------	---

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.6 DISEÑO TANQUE DE CLORACIÓN.

El tanque de cloración dosifica dosis adecuadas para la desinfección del agua, con un tiempo de retención de 60 minutos en donde el cloro elimina los restos de microorganismos después del tratamiento biológico ver Anexo No. 13.

Tabla No. 36 Datos para el dimensionamiento del tanque del tanque de cloración.

Datos Iniciales			
Parámetro.	Simbología.	Cantidad.	Unidad.
Caudal.	Q	84	m ³ /día
Caudal de recirculación.	Q _r	23.27	m ³ /día
Caudal de lodos.	Q _w	1.6	m ³ /día
Tiempo de retención.	Θ	1	Hora
Dosis recomendada de cloro	Cl ₂	8	mg/l

Fuente: Andrés Cáceres.

a) Determinamos el caudal total que ingresa al sistema con la siguiente formula:

Ecuación 29

$$QT = Q - Qr - Qw$$

$$QT = (59.13m^3/día)$$

Dónde:

- QT = Caudal total.
- Q = Caudal del efluente.
- Qr = Caudal de recirculación.
- Qw = Caudal de lodos.

b) Formula de Caudal utilizamos la ecuación 2:

$$Q = \frac{v}{\theta}$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- t = Tiempo.

c) Se determina el volumen usando la ecuación 9:

$$v = Q * \theta$$

$$v = 2.5m^3$$

Dónde:

- Q = Caudal del efluente.
- v = Volumen.
- Θ = Tiempo.

d) Calcular la altura del espejo de agua utilizando la ecuación 10:

$$v = 2h * h * h$$

$$v = 2h^3$$

$$2h^3 = v$$

Dónde:

- a = Largo.
- h = Altura.
- p = Profundidad.

e) Reemplazamos la ecuación anterior y usamos la ecuación 11 para determinar la altura del tanque.

$$h = \sqrt[3]{\frac{v}{2}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{2.5m^3}{2}}$$

$$h = 1.08 \text{ m}$$

f) Largo del tanque considerando una relación 2:1 se tiene:

$$a = 2h$$

$$a = 2(1.08\text{m})$$

$$a = 2.16 \text{ m}$$

g) Profundidad.

$$p = h$$

$$p = 1.08\text{m}$$

h) Consumo diario de cloro:

Ecuación 30.

$$\frac{Cl_2}{\text{dia}} = CL_2 * Q$$

$$\frac{Cl_2}{\text{dia}} = \frac{0.008\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{59.13\text{m}^3}{\text{dia}}$$

$$\frac{Cl_2}{\text{dia}} = 0.473 \text{ kg}$$

Dónde:

- CL_2 = Cloro (Kg/m^3)
- Q = Caudal ($m^3/día$)

Tabla No. 37 Resultados para el dimensionamiento del tanque del tanque de cloración.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal total	Q_T	59.13	$m^3/día$
Volumen	V	2.50	m^3
Altura del tanque	h	1.08	m
Largo del tanque	a	2.16	m
Profundidad	p	1.08	m
Borde libre	--	0.30	m
Consumo diario de cloro.	$Cl_2/día$	0.473	Kg

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.7 CALCULO DE TUBERÍAS PARA EL SISTEMA:

El cálculo de tuberías nos permite determinar de acuerdo a las consideraciones de diseño los diámetros de los segmentos de las tuberías que conectan cada unidad de tratamiento y transportando los efluentes al sistema de tratamiento ver Anexo No.14

Tabla No. 38 Datos para calcular el diámetro de las tuberías.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal	Q	0.000703	$m^3/seg.$

Velocidad	Vb	0.6	m/seg
-----------	----	-----	-------

Fuente: Andrés Cáceres.

Ecuación 31

$$Q = Vb * A$$

Despejamos el área:

Ecuación 32

$$A = \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Encontramos que:

Ecuación 33

$$Q = Vb * \frac{\pi \phi^2}{4}$$

Despejamos el diámetro:

Ecuación 34

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * Vb}}$$

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * 0.000703 \frac{m^3}{seg}}{\pi * \frac{0.6m}{seg}}}$$

$$\phi = 0.04 m \rightarrow \phi = 2pulg$$

Tabla No. 39 Resultados para calcular el diámetro de las tuberías.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Diámetro de la tubería	ϕ	2	Pulgadas

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.8 CÁLCULO DEL EQUIPO DE AIREACIÓN.

La aportación de O₂ a la tanque de aireación debe ser suficiente para que los microorganismos puedan respirar y oxidar la materia orgánica y debe regularse en función de la carga orgánica que llegue a la al tanque. Es por ello que se debe calcular la potencia del compresor para que suministre la cantidad adecuada de oxígeno al proceso unitario.

Tabla No. 40 Datos para calcular la potencia del compresor

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Temperatura del agua.	T	16	--
Presión atmosférica Riobamba	H	596.392	cmHg

Fuente: Andrés Cáceres.

Primero calculamos la densidad del aire con la siguiente formula:

Ecuación 35

$$\delta a = \frac{1.293}{1 + 0.00367 * T^{\circ}} * \frac{H}{76}$$

Dónde:

- δa = Densidad del aire Kg/m³.
- H = Presión cm/Hg.
- T = Temperatura.

$$\delta a = \frac{1.293}{1 + 0.00367 * 16^{\circ}C} * \frac{596.392 \text{ cm/Hg}}{76}$$

$$\delta a = 9.58 \text{ cm/Hg}$$

Calculo para determinar la presión absoluta de salida:

Tabla No. 41 Datos para determinar la presión absoluta de salida.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Constante	K	1.689	--
Caudal del aire	A _{aire}	0.02	m ³ /min.
Altura del agua	h	3.48	m

Fuente: Andrés Cáceres.

$$P = K * Q_{aire} * \ln\left(\frac{h + 10.33}{10.33}\right)$$

$$P = 1.689 * \frac{0.02m^3}{min} * \ln\left(\frac{3.48m + 10.33}{10.33}\right)$$

$$P = 0.010 \text{ Atm}$$

Dónde:

- P = Presión absoluta de salida.
- K = Constante
- Q_{Aire} = Caudal del aire requerido en el sistema.
- h = Altura del agua.

Reemplazamos los datos encontrados y calculamos:

Calculamos de acuerdo a la eficiencia del compresor ver Anexo No.15.

Tabla No. 42 Datos para calcular la potencia del compresor.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantida d	Unidades
Caudal másico del aire	w	0.178	Kg/seg.
Temperatura absoluta de entrada	°T	289	°K
Constante aire	R	8.314	KJ7Kmol*°K

Presión de entrada	P1	596.392	cmHg
Presión de salida	P2	597.909	cmHG
Eficiencia compresor	E	0.75	%

Fuente: Andrés Cáceres.

Potencia del compresor (Pa):

Ecuación 37

$$Pa = \frac{w * R * T^{\circ}}{8.41 * 0.75} * \left(\left(\frac{P2}{P1} \right)^{0.283} \right)$$

$$Pa = \frac{0.178kg/seg * 8.314KJ7Kmol * 289^{\circ}K *}{8.41 * 0.75} * \left(\left(\frac{597.909cmHg}{P1596.392cmHg} \right)^{0.283} \right)$$

$$Pa = 0.05Kw$$

Dónde:

- W = Caudal másico del aire
- T° = Temperatura absoluta de entrada
- R = Constante aire
- P1 = Presión de entrada
- P2 = Presión de salida
- E = Eficiencia compresor

Tabla No. 43 Resultados para calcular la potencia del compresor.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
	a		
Densidad del aire	ρ	9.58	cmHg
Presión absoluta de salida	P	0.010	Atm.
Potencia del compresor	P_a	0.05	Kw

Fuente: Andrés Cáceres.

6.1.9 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA.

Utilizamos la ecuación general de energía mecánica (Bernoulli):

Ecuación 38

$$\frac{1}{2} (Vb2^2 - Vb1^2) + g \left(\frac{P2 - P1}{\rho} \right) + (Z2 - Z1) + \sum F + w_s = 0$$

Dónde:

- V_{b1} = Velocidad inicial, m/seg.
- V_{b2} = Velocidad de descarga, m/seg.
- g = Gravedad, m/seg.²
- Z_1 = Altura desde el punto de referencia al punto 1, m.
- Z_2 = Altura desde el punto de referencia al punto 2, m.
- P_1 = Presión en el punto 1.
- P_2 = Presión en el punto 2.
- $\sum F$ = Perdas por fricción.
- W_s = Trabajo realizado por el fluido contra el entorno.

Para obtener el factor de fricción de Fanning necesitamos el Número de Reynolds (NRE):

El factor de fricción de Fanning nos permite determinar si dentro de una tubería un fluido tienen un flujo laminar o turbulento que se determina de acuerdo al Numero de Reynolds (NRe), y se basa densidad y viscosidad del fluido.

Tabla No. 44 Datos para obtener el Número de Reynolds.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Diámetro de la tubería.	D	0.05	m
Velocidad de flujo.	V _b	0.6	m/seg.
Densidad.	ρ	998.93	Kg/m ³
Viscosidad.	μ	0.0011111	Kg/m ³

Fuente: Andrés Cáceres.

Calculamos con la siguiente formula:

Ecuación 39

$$NRE = \frac{D * Vb * \rho}{\mu}$$

$$NRE = \frac{0.05m * 0.60m/seg * 998.93Kg/m^3}{0.0011111Kg/m^3}$$

$$NRE = 26971.37 \rightarrow \text{Flujo turbulento}$$

Dónde:

- D = Diámetro de la tubería.
- V_b = Velocidad de flujo.
- ρ = Densidad.
- μ = Viscosidad.

Factor de fricción de Fanning ver Anexo No.16.

$$f = 0.0042$$

Perdidas por fricción rugosidad de la tubería (E/D):

Para esto se requiere datos iniciales como los diámetros internos de tuberías de acero y la rugosidad de acuerdo al material de la tubería, ver Anexo No.17.

Tabla No. 45 Datos para calcular las pérdidas por fricción y rugosidad de la tubería (E/D).

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Diámetro interno de la tubería.	D	0.05	m
Rugosidad de acuerdo al material de la tubería.	E	0.0046	m

Fuente: Andrés Cáceres.

$$E/D = \frac{0.0046m}{0.05m}$$

$$\frac{E}{D} = 0.088$$

Velocidad inicial de entrada a la bomba (V_{b1}):

Tabla No. 46 Datos para determinar la velocidad inicial de entrada a la bomba.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal	Q	0.00026932	m ³ /seg.
Diámetro interno de la tubería	ϕ	00.053	m

Fuente: Andrés Cáceres.

$$Q = V_{b1} * A_1$$

Dónde:

- D = Diámetro interno de la tubería
- ϕ = Caudal

Reemplazamos la ecuación anterior para encontrar la velocidad inicial:

Ecuación 42

$$Vb1 = \frac{Q}{A1}$$

Despejamos el área:

Ecuación 43

$$A1 = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

$$A1 = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

$$A1 = \frac{\pi * (0.053m)^2}{4}$$

$$A1 = 0.00217m^2$$

Reemplazamos los datos en la ecuación 42:

$$Vb1 = \frac{Q}{A1}$$

$$Vb1 = \frac{0.00026932m^3 /seg.}{0.00217m^2}$$

$$Vb1 = 0.12m/seg.$$

Velocidad final de salida: Se adopta una tubería de 1 pulgada para aumentar la velocidad de salida del fluido.

Tabla No. 47 Datos para determinar la velocidad de salida de la tubería.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Caudal	Q	0.00026932	m ³ /seg.
Diámetro interno de la tubería	ϕ	00.027	m

Fuente: Andrés Cáceres.

Usamos la ecuación 41:

$$Q = Vb2 * A2$$

Dónde:

D = Diámetro interno de la tubería

ϕ = Caudal

Reemplazamos la ecuación anterior para encontrar la velocidad inicial con la ecuación 42:

$$Vb2 = \frac{Q}{A2}$$

Despejamos el área utilizando la ecuación 43:

$$A2 = \frac{\pi * \phi^2}{4}$$

$$A2 = \frac{\pi * (0.027m)^2}{4}$$

$$A2 = 0.00055 m^2$$

Reemplazamos los datos en la ecuación 42:

$$Vb2 = \frac{Q}{A2}$$

$$Vb1 = \frac{0.00026932m^3 /seg.}{0.00217m^2}$$

$$Vb1 = 0.12m/seg.$$

Calcular la energía Cinética (Ec)

La energía cinética identifica las pérdidas por fricción en las tuberías, y se usa para la ecuación general Bernoulli en la sumatoria de energías.

Tabla No. 48 Datos para calcular la energía cinética en el sistema.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Velocidad inicial	Vb1	0.12	m/seg

Velocidad de salida	Vb2	0.49	m/seg
Flujo turbulento	α	1	--

Fuente: Andrés Cáceres.

Ecuación para calcular la Energía cinética.

Ecuación 44

$$Ec = \frac{1}{2 \alpha} (Vb2 - Vb1)^2$$

$$Vb2 = \frac{0.00026932m^3 /seg.}{0.00055m^2}$$

$$Vb2 = 0.49m/seg.$$

Dónde:

- V_{b1} = Velocidad inicial
- V_{b2} = Velocidad de salida
- α =Flujo turbulento

Energía potencial (Ep):

La energía potencial de un fluido que atraviesa la tubería posee perdidas por las alturas que debe contrarrestar en contra de la gravedad.

Tabla No. 49 Datos para calcular la energía potencial.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Gravedad	g	9.81	m/seg ²
Altura	Z ₂	4.48	m

Fuente: Andrés Cáceres.

Ecuación 45

$$Ep = g(Z_2 - Z_1)$$

$$Ep = \frac{9.81m^2}{s} (4.48m)$$

$$Ep = 43.95J/kg$$

Dónde:

- g = Gravedad
- Ep = Energía potencial
- Z = Altura

Pérdidas por el sistema de tuberías (Ff):

Tabla No. 50 Datos para calcular las pérdidas por el sistema de tuberías.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidad
Factor de fricción de Fanning	f	0.0042	--

Variación de la longitud de la tubería	Δ	11.94	m
Velocidad	V_b	0.06	m/seg.
Diámetro	D	0.052	m

Fuente: Andrés Cáceres.

Ecuación 46

$$Ff = \frac{2f * \Delta * Vb}{D}$$

$$Ff = \frac{2(0.0042)(11.94m)(0.06m/seg)}{0.052m}$$

$$Ff = 0.69 J/kg$$

Dónde:

- f = Factor de fricción de Fanning
- Δ = Variación de la longitud de la tubería
- V_b = Velocidad
- D = Diámetro

Pérdidas por accesorios: El flujo de fluidos a través de tuberías produce un rozamiento entre las partículas del fluido en contacto con las paredes rugosas de las tuberías, del mismo modo se producen pérdidas ocasionadas por accesorios presentes en tuberías, como codos, té, válvulas etc. Ver Anexo No. 18.

Tabla No. 51 Datos para calcular las pérdidas por accesorios.

Datos Iniciales			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Coeficiente de pérdidas por accesorios codos	K_{fc}	0.75	J/kg
Coeficiente de pérdidas por accesorios "T"	K_{fT}	1	J/kg
Velocidad	V_b	0.6	m/seg

Fuente: Andrés Cáceres.

Accesorio por codos: Numero de codos 1.

Ecuación 47

$$Accesorios = K_{fc} * \frac{V_b^2}{2}$$

$$Accesorios = 0.75 * \frac{(0.6m/seg)^2}{2}$$

$$Accesorios = 0.135J/kg$$

Accesorio por "T": Numero de "Tee" 2. Se determina con la ecuación 47:

$$Accesorios = K_{fT} * \frac{V_b^2}{2} * 2$$

$$Accesorios = 2 * \frac{(0.6m/seg)^2}{2}$$

$$\text{Accesorios} = 0.36J/kg$$

Dónde:

- K_{fc} = Coeficiente de pérdidas por accesorios codos
- K_{ft} = Coeficiente de pérdidas por accesorios “T”
- V_b = Velocidad

Sumatoria de fuerzas (ΣF):

Ecuación 48

$$\Sigma F = F_f + \text{accesorios}$$

$$\Sigma F = \frac{0.69J}{kg} + \frac{0.136J}{kg} + \frac{0.36J}{kg}$$

$$\Sigma F = \frac{1.185J}{kg}$$

Se reemplazan los datos en la Ecuación 38 y se despeja W_s , con ello se encuentra el suministro de energía eléctrica con la siguiente fórmula:

Ecuación 49

$$-W_s = E_c + E_p + \Sigma F$$

$$-W_s = \frac{0.068J}{kg} + \frac{439.5J}{kg} + 1.185j/Kg$$

$$-W_s = 452.03 J/kg$$

Se determina la potencia de la bomba para el sistema con la siguiente formula:

Ecuación 50

$$Hp = \frac{-W_s * Q * \rho}{\eta * 0.745 * 1000}$$

$$Hp = \frac{452.03j/kg * 0.00026932m^3/seg * 998.83Kg/m^3}{\eta * 0.745 * 1000}$$

$$Hp = 0.5 Hp$$

Tabla No. 52 Resultados Para la selección de la Bomba.

Resultados			
Parámetro	Simbología	Cantidad	Unidades
Numero de Reynolds	NRE	26971.37	--
Factor de fricción de Fanning	f	0.0042	--
Perdidas por fricción y rugosidad de la tubería.	E/D	0.088	--
Velocidad inicial de entrada	V _{b1}	0.12	m/seg
Velocidad final de salida	V _{b2}	0.049	m/seg
Energía Cinética	E _c	0.068	J/Kg
Energía potencial	E _p	43.95	J/Kg
Perdidas por accesorios	accesorios	0.36	J/Kg

Pérdidas por el sistema de tuberías	F_f	0.69	J/Kg
Sumatoria de fuerzas $\sum F$	$\sum F$	1.185	J/Kg
Suministro de energía eléctrica	- W_s	452.03	J/Kg
Potencia de la bomba	HP	0.05	h/p

Fuente: Andrés Cáceres.

6.5.2.1 EMPLAZAMIENTO Y UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTOS.

6.5.2.1.1 Emplazamiento

Es el área en donde se proyecta la construcción de la planta de tratamiento. La localización de una planta de tratamientos es realmente importante, puesto que se hace necesario encontrar un punto óptimo en muchos aspectos como el criterio geográfico y de interés preferente para la ubicación física de la actividad, en donde debemos distinguir entre la localización de dos puntos (A y B).

Esto afecta a una zona determinada, separable físicamente de un ámbito en el cual se identifica el área más adecuada mediante un factor cualitativo que se expresa a continuación.

A = Ubicación situada al Sur-Este del campus a 200 metros de distancia del estadio de la institución.

X;762255	Y;9816976
----------	-----------

B = Ubicación situada Sur Oeste del campus en la parte posterior aproximadamente a 300 metros del Edificio Inteligente.

X;762448	Y;9817211
----------	-----------

5.5.2.2 Método cualitativo para determinar la ubicación de la planta de tratamiento.

Este método consiste en definir los principales factores determinantes de una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se le atribuye. El peso relativo que se le asigna va del 1 al 10, esto depende fuertemente del criterio del evaluador. Esto se da al comparar con dos o más localizaciones, y se procede a asignar una calificación a cada factor en una localización de acuerdo a una escala predeterminada de 1 a 5. La sumatoria total de las calificaciones ponderadas permitirán seleccionar la ubicación de la planta de tratamientos.

Tabla No. 53 Matriz para la calificación utilizando el factor cualitativo.

Factor	Peso	Ubicación (1-5)	
	(0-9)	A	B
Disposición de mano de obra	9	5/45	5/45
Alojamiento	3	4/12	4/12
Integración con el sistema hidrosanitario.	5	5/25	2/10
Disponibilidad de infraestructuras y servicios	5	4/20	2/10
Espacio para ampliaciones	8	4/32	4/32
Terreno y clima.	6	5/30	4/24
Disponibilidad de acceso, caminos	8	5/40	3/24
Disponibilidad de materiales	7	4/28	4/28
Servicios médicos	6	5/30	4/24

Disponibilidad de transportes	5	4/20	4/20
Disponibilidad para espacios y estacionamiento	2	3/6	2/4
	Σ	288	233

Fuente: Andrés Cáceres.

El punto “A” mediante la calificación cuantitativa con un puntaje de 288, determina el espacio adecuado para ubicar la planta de tratamientos dentro del Campus.



Figura 22. Representación Gráfica de los puntos A y B dentro del Campus.

6.5.2.3 Ubicación de la Planta de Tratamientos.

El Campus Edison Riera está ubicada al Noreste de ciudad de Riobamba, en la parroquia Maldonado, ocupa una superficie total de 11.76 hectáreas. La futura Planta de Tratamiento será instalada en un terreno ubicado al suroeste del Campus, en este punto en donde se encuentra el último pozo de revisión del sistema de alcantarillado sanitario de la institución antes de ser descargados al alcantarillado público, ver Figura No. 23.

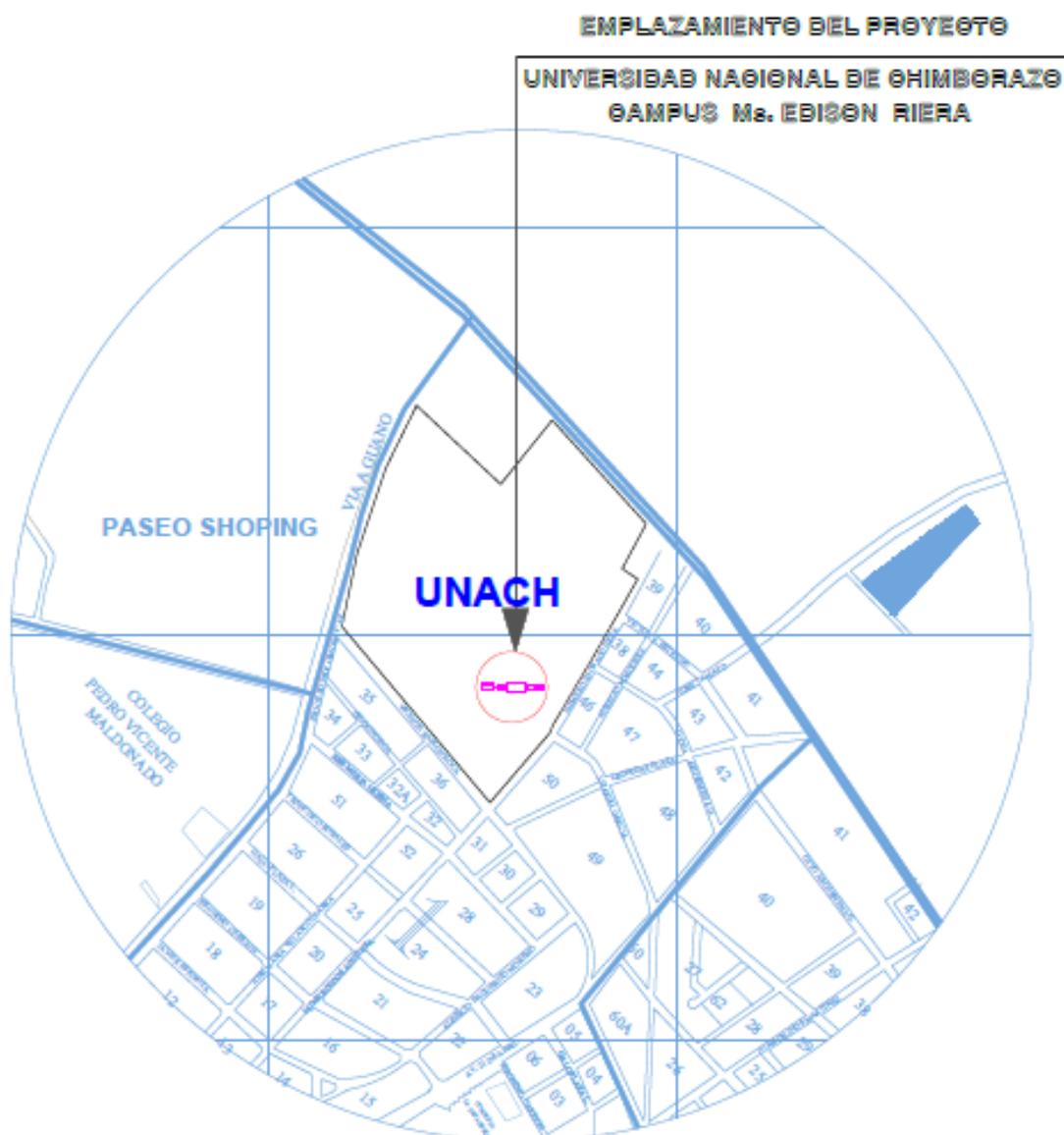


Figura 23. Emplazamiento de la planta.

6.5.2.3.1 Planos de la de la planta de tratamientos de aguas residuales.

Los planos de la planta de tratamiento están dimensionados en base al caudal generado en el Campus y tienen un área total de 180.404 m² en donde se extienden todos los procesos unitarios de depuración ver Anexo No 19.

6.5.2.3.2 Información adicional al diseño.

Los datos de algunos factores meteorológicos como velocidad y dirección del viento, permiten desarrollar el emplazamiento de la planta de tratamientos de aguas residuales debido a que los olores producidos en los procesos de depuración deben estar en dirección contraria a sitios en donde exista la presencia de personas. Las precipitaciones y la temperatura nos ayudan a controlar reboses por escorrentías y los cambios térmicos del ambiente.

- Velocidad del viento: 2.2 m/seg.
- Dirección del viento: SE.
- Temperatura: Máxima; 24.4°C Mínima 4.5°C; Promedio 13.6°C.
- Precipitación: Máxima; 1000 mm, Mínima 43mm; Promedio 520mm

6.5.2.4 COSTOS

Los costos de construcción de una planta de tratamientos de aguas residuales se basaron en análisis de precios unitarios bajo el soporte del software PUNIS que es manejado por el departamento de infraestructura de la Universidad Nacional de Chimborazo, este programa permite determinar los costos de materiales para la construcción.

Tabla No. 54 Análisis de precios unitarios de la Planta de Tratamientos

CUADRO AUXILIAR: COSTOS DE MATERIALES				
Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Costo Total
Adaptador hembra hg 2"	u	2,80	5,00	14,00
Adaptador hembra pvc- hg rosca	u		3,00	
Agua	lt	0,50	1,70	0,85
Arena de rio fina - cerro negro	m3	12,00	4,92	59,04
Arena de rio fina- cerro negro	m3	12,00	1,19	14,28
Bomba sumergible de 1/2 hp	u	150,00	1,00	150,00
Cemento 50kg	u	8,25	50,06	413,00
Clavos 1 1/2"	lb	1,50	0,29	0,44
Clavos 2 1/2"	lb	1,75	5,07	8,87
Codo de 90° hg 1"	u	0,80	1,00	0,80
Codo de 90° pvc 2"	u	1,25	3,00	3,75
Compresor de aire 0.5 kw	u	135,00	2,00	270,00
Dosificador de cloro	u	90,00	1,00	90,00
Estacas	u	0,50	288,77	144,39
Madera eucalipto (250x15x2,3)	u	1,85	58,59	108,39
Pingo de eucalipto de 4 a 7m	u	2,50	38,27	95,68
Ripio cernido -cerro negro	m3	13,50	8,22	110,97
Tabla de monte	Tabla	2,50	4,09	10,23

2,40x0.23				
Tee hg 2"	u	4,30	6,00	25,80
Tee reductor de 2" a 1" hg	u	4,10	1,00	4,10
Tee roscable de 2" HG	u	5,12	10,00	51,20
Teflon	u	0,30	4,10	1,23
Tramo largo hg de 2"	u	5,30	8,00	42,40
Universal hg 2"	u	6,20	4,00	24,80
Varilla D=10mm l=94cm	kg	1,50	1,00	1,50

			TOTAL:	1.645,72

Fuente: Andrés Cáceres.

La descripción de los rubros basada en unidades, cantidades y precios por mano de obra y material se determinó mediante los tamaños de dimensionamiento de las unidades de tratamiento.

Tabla No. 55 Costos de construcción y mano de obra.

TABLA DE DESCRIPCIÓN DE RUBROS, UNIDADES, CANTIDADES, PRECIOS				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Trabajos Preliminares				
Replante y Nivelación	m2	95,03	2,81	267,03
Excavación Manual sin Clasificar	m3	76,30	4,88	372,34
Relleno compactado	m3	4,07	2,12	8,63
Estructura				

Muros de H.S f'c=180kg/cm2	m3	8,94	136,60	1.221, 20
Encofrado y Desencofrado	m2	119,58	7,05	843,04
Enlucido exterior en muros	m2	59,58	5,72	340,80
Accesorios				
Tramo corto HG de 2"	u	10,00	6,71	67,10
Adaptador hembra pvc- hg 2"	u	3,00	0,30	0,90
Codo de 90° pvc 2"	u	3,00	1,70	5,10
Tramo largo hg de 2"	u	8,00	6,26	50,08
Adaptador hembra hg 2"	u	5,00	3,44	17,20
Universal hg 2"	u	4,00	7,27	29,08
Bomba sumergible de 1/2hp	u	1,00	176,33	176,33
Compresor de aire 0.5kw	u	2,00	159,46	318,92
Dosificador de cloro	u	1,00	105,05	105,05
Tee hg 2"	u	6,00	5,37	32,22
Tee reductor de 2" a 1" hg	u	1,00	5,14	5,14
Codo de 90° hg 1"	u	1,00	1,43	1,43
Rejilla de (40*94)cm	u	1,00	19,06	19,06
			TOTAL:	3.880,65

Fuente: Andrés Cáceres.

6.5.3 Consumo y optimización del recurso hídrico.

6.5.3.1 Consumo de agua reemplazada por el agua tratada.

Tomando en cuenta que el 80% del agua a nivel global a es utilizado para el riego y el otro 20% para otros usos se puede determinar que casi la totalidad del agua que ingresa en el campus es desechada por medio del sistema de alcantarillado sanitario generando un caudal promedio de 55.21 m³/día las mismas que serán tratadas y se aprovecharán en un 80% dando un resultado de 44.2 m³/día aprovechables para el riego de áreas verdes y 11.04 m³/día que serán evacuadas al sistema sanitario de la ciudad.

6.5.3.2 Optimización del agua y reducción de costos por suministro del recurso hídrico.

La reutilización de aguas residuales para riego sirve como un mecanismo de conservación y eficiencia de los recursos hídricos suponiendo un gran ahorro por el suministro del agua existente y el desarrollo de alternativas para la gestión en la conservación de cuencas hidrográficas. Es por ello que mediante el tratamiento biológico por medio de lodos activados las aguas residuales generadas en el Campus van a dotar de un caudal aproximado de 44.2 m³/día de agua tratada que va a ser aprovechada para el riego de áreas verdes de la institución con un sistema ecológicamente sustentable y socioeconómicamente viable ya que de acuerdo a los datos calculados de consumo de agua se estimaría un valor diario de 21.22 USD.

6.6 DISEÑO ORGANIZACIONAL.

La ejecución de la propuesta “Diseño de una Planta de Tratamientos de Aguas Residuales que son Generadas en el Campus Edison Riera Km ½ vía a Guano para su Reutilización en el Riego de Áreas Verdes” estará bajo la supervisión del departamento de Infraestructura de la Universidad Nacional de Chimborazo, los

cuales analizarán la factibilidad para construir la planta de tratamientos de acuerdo a las especificaciones de diseño que se detallan en el proyecto y los recursos humanos y económicos que se requieren para implementar esta propuesta que beneficiará a la institución.

El personal encargado para el mantenimiento de la planta deberá constar de un técnico calificado que se encargue de controlar los procesos unitarios, un laboratorista que se encargue de analizar las aguas residuales antes, durante y después del proceso, el mismo puede ser el técnico encargado del laboratorio de servicios ambientales, y mano de obra menos especializada para controles periódicos y regulaciones del sistema bajo el mando del técnico calificado.

6.7 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA.

6.7.1. Monitoreo

El funcionamiento de los equipos para un sistema de tratamiento de aguas residuales deberá estar diseñado para permitir un caudal continuo y la calidad del efluente de acuerdo a los requerimientos de acuerdo a las características de cada operación, el cual será regulado por el personal técnico, en un laboratorio para determinar la calidad del efluente continuamente.

Los procesos de tratamiento operan sin interrupción por lo cual al momento de dar mantenimiento o en el caso de reparación se sustituyen los equipos por otros de reserva, por lo cual se deberá contar con accesorios, equipos y repuestos adicionales para no parar el proceso de operación. El mantenimiento, es un factor de suma importancia para mantener las condiciones de operación eficiente dentro del tratamiento.

El mantenimiento preventivo y programado minimiza los daños ante posibles emergencias, y disminuye de manera significativa los costos de operación,

analizando previamente si un equipo necesitar ser reemplazado o solo una reparación mecánica, en coordinación con todo el personal del sistema de tratamiento para mantener un control permanente en la operación y no alterar la calidad del efluente.

6.7.2. Evaluación

La evaluación de la planta de tratamiento tiene como objetivo tomar muestras representativas de los diferentes procesos que se llevaran a cabo en el sistema para la caracterización de los afluentes y efluentes del sistema, mediante el análisis de parámetros fisicoquímicos y biológicos diariamente por parte del personal técnico.

La frecuencia de muestreo de las aguas se establece que deber ser diaria y semanalmente para medir los cambios sustanciales que ocurren en determinados periodos de tiempo, a fin de realizar el seguimiento periódico respecto a las variaciones de los parámetros fisicoquímicos, y biológicos ligados al agua residual cruda y tratada de la planta de tratamiento.

Se deberá contar con equipos de medición in situ para medir diariamente los parámetros como; pH, Temperatura, Oxígeno disuelto, conductividad. Se deberá medir semanalmente los siguientes parámetros; Demanda Biológica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Color, Turbiedad, Sólidos sedimentables, se los realizarán en los laboratorios de servicios ambientales de la Universidad Nacional de Chimborazo por la cercanía del lugar y debido a que se cuenta con dicha infraestructura dentro del Campus.

Los puntos de evaluación serán dos: en la entrada de la planta de tratamientos y en la salida de la planta en donde la muestra sea representativa del flujo, localizando un punto donde exista una mejor mezcla y estar preferentemente cerca al punto del aforo. Para la medición del afluente, el punto de monitoreo debe estar antes del ingreso de agua de recirculación, si existiera y debe ser de acceso fácil y seguro, evitando caminos empinados, rocosos, vegetación densa y fangos.

VII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Asano L., (2004), *Wastewaterengineering: treatment and reuse*, Londres, Inglaterra: McGraw-Hill.
2. Crites, R. y Tchobanoglous G., (2000), *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*, Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
3. Gerard, J. (2007)., *Tratamiento de aguas negras y desechos industriales, primera edición*, México DF, México: UTEHA
4. Metcalf y Eddy, (1995), *Ingeniería de aguas residuales, segunda edición, volumen 1*, Madrid, España: McGraw-Hill.
5. Mompín, G.,(1990)., *Tratamiento de aguas residuales*, Madrid, España: Ediciones Vega.
6. Osorio, F. y Hontoria, E.(2010), *Saneamiento y alcantarillado, Vertidos de aguas residuales*, Granada, España: Degremont.
7. Rigola L., (1989), *Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales*, Madrid, España: Boixareu Editores.
8. Sawyer y Maccarty, (1994)., *Regeneración y reutilización de aguas residuales*, Berlín, Rusia: . Fundación Agbar.
9. Shelef, L., (2006), *Bioteología del Medio Ambiente, principios y aplicaciones*, Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
10. Crites, R. y Tchobanoglous G, (2000)., *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*, Colombia McGraw-Hill

VIII. APÉNDICES Y ANEXOS

Anexo No. 1 Planos del Campus Edison Riera.

Anexo No. 2 Visita in situ al lugar del proyecto.



Revisión del punto de descarga.



Visualización de la tubería del sistema sanitario.

Anexo No. 3 Muestreo y recolección de muestras para análisis.



Recolección de muestras simples



Muestra compuesta.

Anexo No. 4 Pruebas de campo.



Medición de parámetros de campo con el equipo multiparámetros HACH.

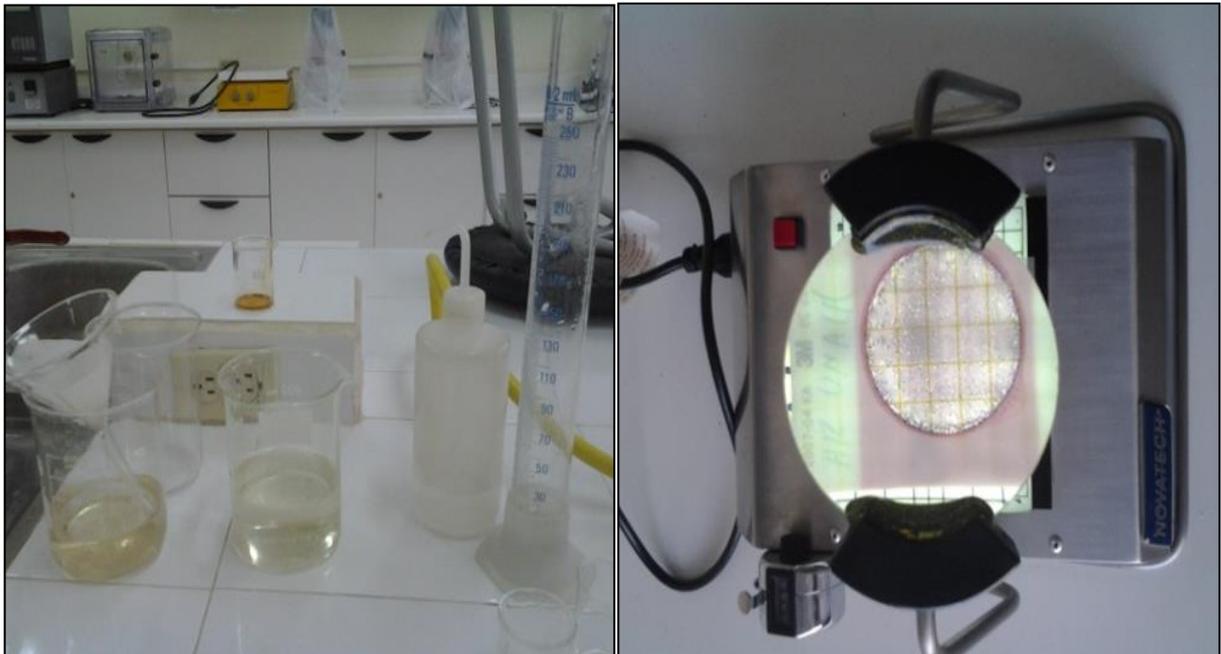


Anotación de datos obtenidos en las mediciones de campo.

Anexo No. 5 Pruebas de Laboratorio



Medición de parámetros Físicoquímicos.



Medición de parámetros biológicos.

Anexo No. 6 Pruebas de tratabilidad físico-químicas.



Adición de floculante y coagulante.



Clarificación y filtración del agua tratada mediante floculación.

Anexo No. 7 Pruebas de tratabilidad biológicas.



Dosificación de agua cruda en el sistema.



Operación del prototipo y revisión en el tanque de aireación y sedimentación.

Anexo No. 8 Límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce.

Tabla 55. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Ioduros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		¹² Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidade s de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuesto Fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5

¹² Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

Anexo No. 9 Límites permisibles para el uso del agua en el riego agrícola.

Tabla No. 56 Criterios de calidad admisible para aguas de uso agrícola

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentració n total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosfora dos (totales)	Concentració n de	mg/l	0,1

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Organoclorados (totales)	organofosforados totales. Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales	--	mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	CERO
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Fuente: TULSMA

Anexo No. 10 Consideraciones de diseño para rejillas

Características	De limpieza manual	De limpieza mecánica
Ancho de las barras	0.5 - 1.5 cm	0.5 - 1.5 cm
Profundidad de las barras	2.5 - 7.5 cm	2.5 - 7.5 cm
Abertura o espaciamiento	2.5 - 5.0 cm	1.5 - 7.5 cm
Pendiente con la vertical	30 ⁰ - 45 ⁰	0 ⁰ - 30 ⁰
Velocidad de acercamiento	0.3 - 0.6 m/s	0.6 - 1 m/s
Perdida de energía permisible	15cm	15cm

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 11 Estándares de diseño para sedimentadores primarios.

Referencia	Carga Superficial (m/d)	Tiempo de retención (h)	Profundidad (m)	Carga sobre el vertedero (L/sm)
Metcalf y Eddy	32 - 48	1.5 - 2.5	3 - 5	1.4 - 5.8
Normas de los 10 estados	41	--	> 2.1	< 2.2
Manual de diseño naval	49	--	3	< 14
Ejército USA.	12 - 41	2.5	2.5 - 4.5	0.7 - 1.7
Steel y McGhee	24 - 60	1 - 2	1 - 5	--
Fair et al.	--	2	3	--
Sundstrom y Kiei	--	1 - 4	--	--
USEPA	24 - 49	--	3 - 5	--

Tchobanoglous y Sch.	30 - 60	--	3 - 5	--
IWPC	30 - 45	2	> 1.5	1.2 - 5.2

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 12 Parámetros de diseño y operación de lodos activados.

Proceso	Carga Volumétrica $\frac{gDBO}{m^3 * dia}$	A/M $\frac{gDBO}{gSSLM * dia}$	Θ_c día	Oxígeno requerido KgO_2/Kg_{DBO}
Convencional	500 - 650	0.25 - 0.35	--	1.1 - 1.3
Convencional	560	0.20 - 0.50	4 - 14	--
Aireación Prolongada	150 - 320	0.05 - 0.10	> 14	2.0 - 2.5
Aireación gradual	560	0.20 - 0.50	4 - 14	--
Aireación escalonada	800	0.20 - 0.50	4 - 14	--

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 12.1 Coeficientes cinéticos típicos para procesos de lodos activados

Parámetro	Valor	
	Intervalo	Típico
Y, mg SSV/mg DBO	0.4 – 0.8	0.6
Y, mg SSV/mg DBO	0.25 - 0.4	0.4
$K_{d1} \text{ d}^{-1}$	0.04 – 0.075	0.06

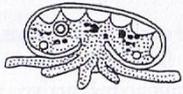
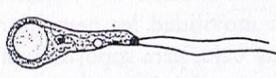
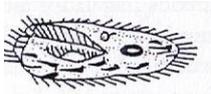
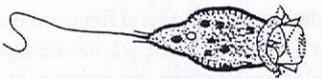
Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 12.2 Coeficientes cinéticos para tratamiento biológico, aeróbico de diferentes sustratos orgánicos.

Sustrato	Y $\frac{mg \text{ SSV}}{mg \text{ Sustr}}$	u_m d^{-1}	K d^{-1}	K_d $\frac{mg}{L}$	K_d d^{-1}	Base del coeficiente
Residuo Doméstico	0.5	--	--	--	0.055	DBO
Residuo Doméstico	0.67	--	--	--	0.0489	DBO
Residuo Doméstico	0.5	13.2	26.4	22	0.06	DBO
Residuo Doméstico	0.67	3.34	5.7	22	0.07	DBO

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 12.3 Microorganismos comunes en el proceso de lodos activados.

Organismo	Nombre	Grafico
Protozoo	Sarcodina	
Protozoo	Flagelados	
Protozoo	Ciliados libres	
Protozoo	Ciliados adheridos	
Protozoo	Rotíferos	
Bacteria	Bacilos	
Bacteria	Cocos	
Bacteria	Espirilos	

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 13 Dosis de cloro para desinfección normal de aguas residuales domesticas para reutilización.

Tratamiento	Dosis de cloro para diseño, mg/L
Procloracion	20 – 25
Agua Residual no tratada	8 – 15 fresca
Efluente primario	12 – 30 septica
Efluente de filtro percolador	8 – 20
Efluente de lodos activados	3 – 15
Efluente de filtros de arena	2 -8

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 14 Diámetro de tuberías.

Tamaño nominal de la tubería (plg)	Diámetro Externo (plg)	Número de lista	Espesor de la pared (plg)	Diámetro interno (pie²)	Área de la sección transversal interna
1	1.315	40	0.133	1.049	0.00600
		80	0.179	0.957	0.00499
1 $\frac{1}{4}$	1.660	40	0.140	1.380	0.01040
		80	0.191	1.278	0.00891
1 $\frac{1}{2}$	1.900	40	0.145	1.610	0.01414
		80	0.200	1.500	0.01225
2	2.375	40	0.154	2.067	0.02330
		80	0.218	1.939	0.02050
2 $\frac{1}{4}$	2.875	40	0.203	2.469	0.03322
		80	0.276	2.323	0.02942
3	3.500	40	0.216	3.068	0.05130

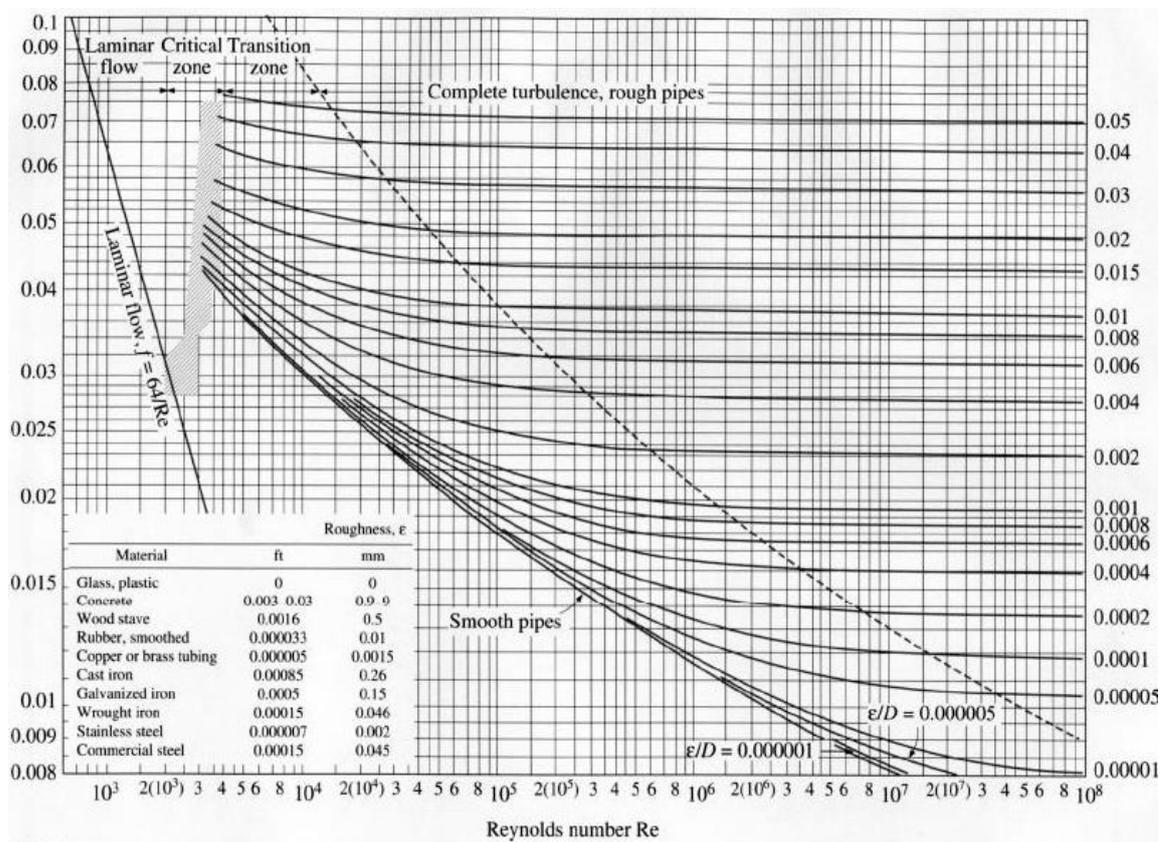
Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 15 Eficiencia del compresor.

Potencia	Porcentaje de eficiencia
0.5 KW	0.5%
2 KW	80 %
5 KW	84 %
15 KW	81 %
150 KW	93 %

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 16 Coeficiente de fricción de Fanning.



Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo No. 17 Rugosidad de acuerdo al material de la tubería.

Rugosidad de acuerdo al material de la tubería.	
Material	Rugosidad equivalente para tuberías (m)
Tubería estirada	1.5×10^{-6}
Acero comercial	4.6×10^{-3}
Hierro asfaltado	1.2×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}
Hierro colado	2.6×10^{-4}
Concreto	3×10^{-4}

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

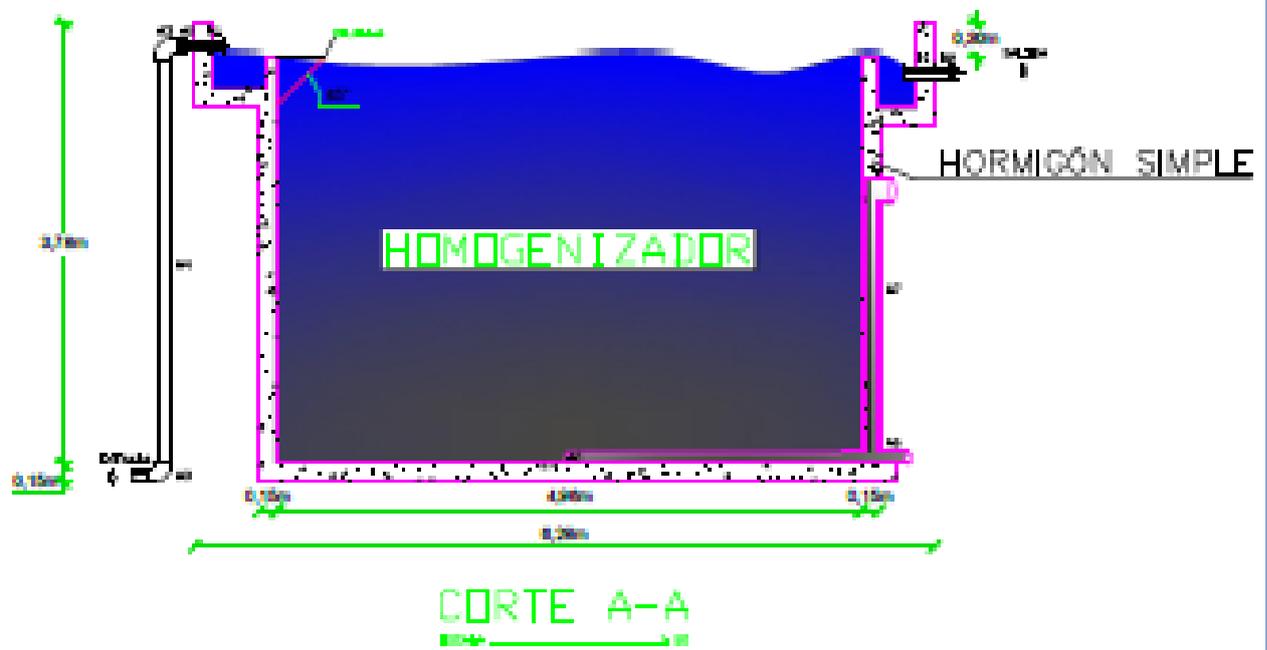
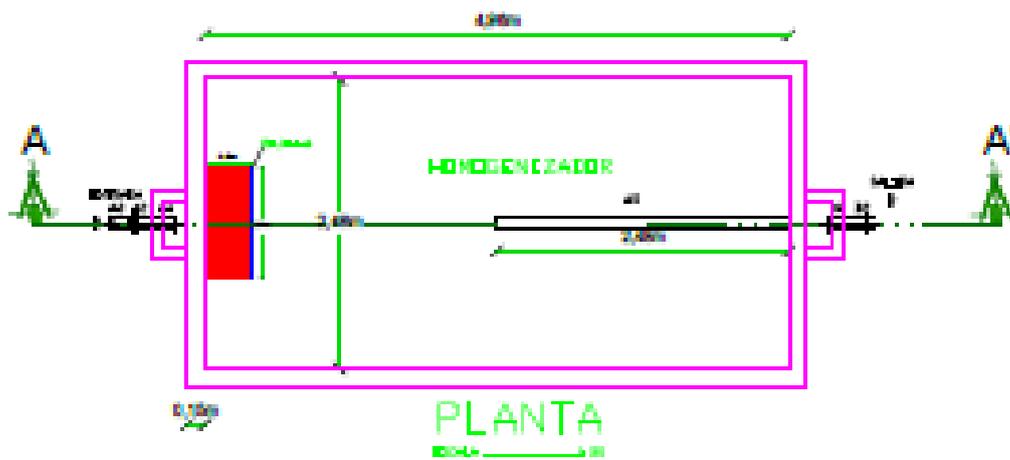
Anexo No. 18 Perdidas por fracción en tuberías.

Tipo de accesorio	Perdida por fricción, numero de cargas de velocidad, K_f
Codo 45°	0.35
Codo 90°	0.75
Tee	1
Retorno en U	1.5
Manguitos de acoplamiento	0.04
Manguitos de unión	0.04
Válvulas de compuerta	
Abiertas	0.17
Semiabiertas	4.5
Válvulas de globo	
Abiertas	6.0
Semiabiertas	9.5
Válvulas de ángulo abiertas	2.0
Válvula de retención	

De bola	70.0
De bisagra	2.0
Medidor de agua, disco	7.0

Fuente: Jairo Alberto Romero Rojas. Tratamiento de aguas residuales. Colombia 2000

Anexo 19 Planos del diseño de la de la planta de tratamientos de aguas residuales



LISTA DE ACCESORIOS PLANTA HOMOGENIZADOR

ENTRADA											
TIPO	Q	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	LONG.	DESCRIPCION
04	1"	1	0							0.20 m	VALV. CERR. 90°
05	1"	1	0								ACOPLE 90° 1/2" x 1/2"
06	1"	0	0	0	0	0	0	0	0	0	CERR. 90° 1/2" x 1/2"
07	1"	1	0							0.20 m	VALV. CERR. 90°
08	1"	1	0							0.20 m	VALV. CERR. 90°
09	1"	1	0							0.20 m	VALV. CERR. 90°
SALIDA											
TIPO	Q	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	LONG.	DESCRIPCION
04	1"	1	0							0.20 m	VALV. CERR. 90°
05	1"	1	0								ACOPLE 90° 1/2" x 1/2"

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

PROFESOR: _____

ALUMNO: _____

FECHA: _____

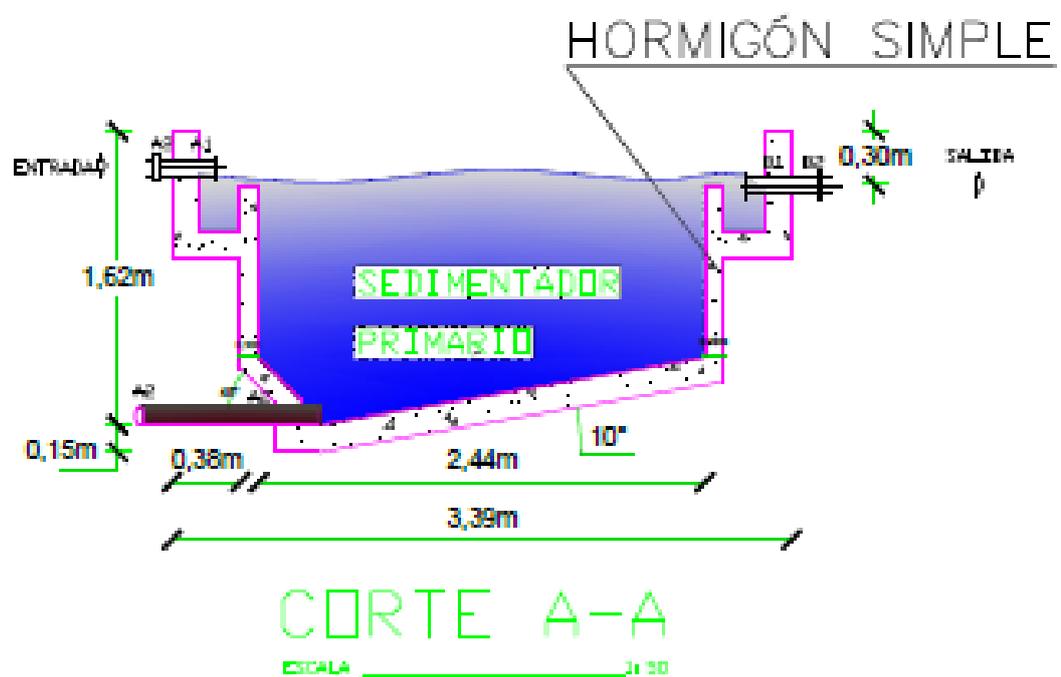
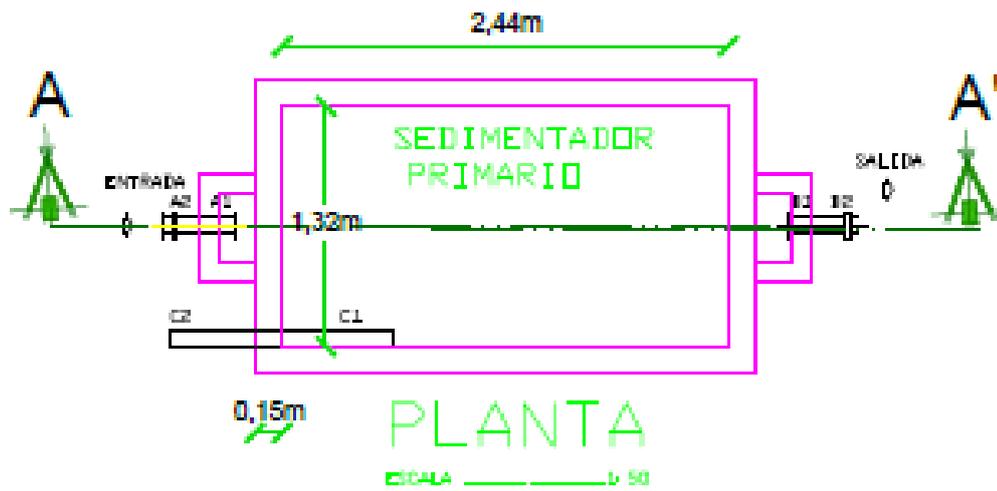
GRUPO: _____

PROFESOR: _____

ALUMNO: _____

FECHA: _____

GRUPO: _____



LISTA DE ACCESORIOS SEDIMENTADOR PRIMARIO

ENTRADA									
TIPO	Ø	LONG.	Ø	LONG.	Ø	LONG.	Ø	LONG.	DESCRIPCIÓN
A1	2"	1.1						0.38 m	Tubo cono H1
A2	2"	1.1							Manoal -H1
SALIDA									
TIPO	Ø	LONG.	Ø	LONG.	Ø	LONG.	Ø	LONG.	DESCRIPCIÓN
B1	2"	1.1						0.30 m	Tubo cono H1
B2	2"	1.1							Manoal -H2
DESAGUE									
TIPO	Ø	LONG.	Ø	LONG.	Ø	LONG.	Ø	LONG.	DESCRIPCIÓN
C1	2"	1.1						1.00 m	Tubo Llave H1
C2	2"	1.1							Manoal -Llave H1-H2

FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROFESOR: JORGE GALVEZ
ALUMNO: JUAN CARLOS GALVEZ

FECHA: 2013-07-10

PROYECTO: SEDIMENTADOR PRIMARIO

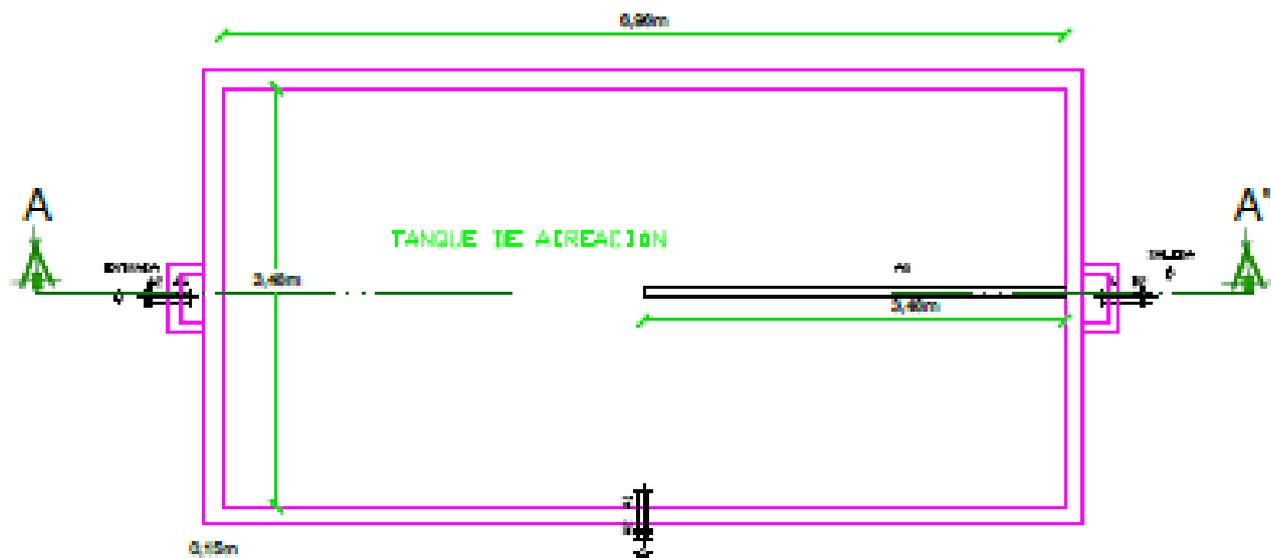
ESCALA: 1:50

PROYECTO: SEDIMENTADOR PRIMARIO

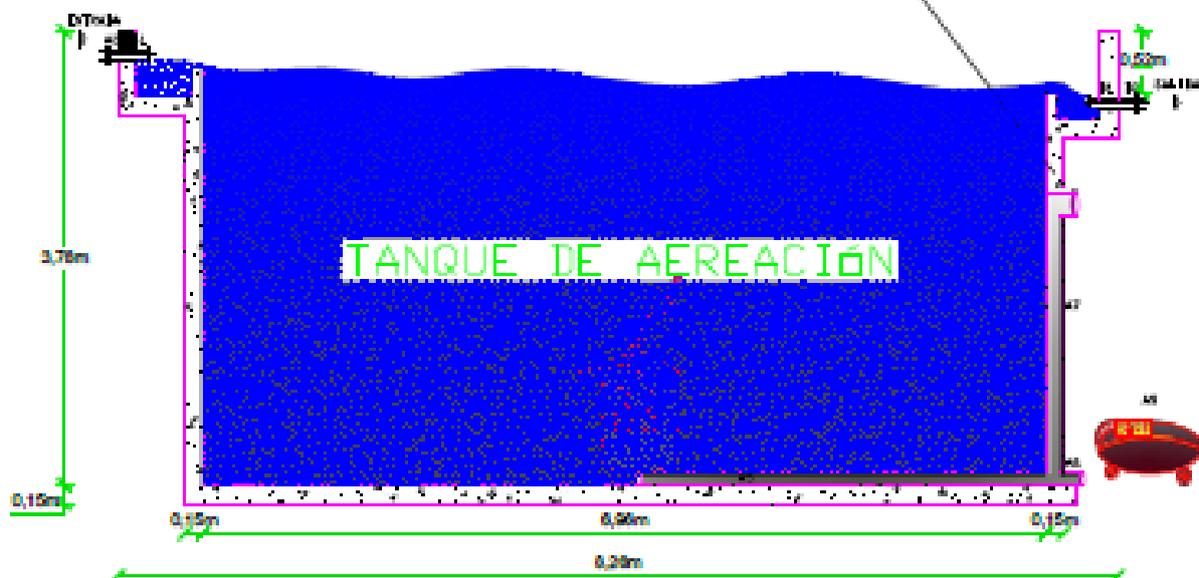
FECHA: 2013-07-10

PROYECTO: SEDIMENTADOR PRIMARIO

FECHA: 2013-07-10



PLANTA
Escala 1:50



CORTE A-A
Escala 1:50

LISTA DE ACCESORIOS TANQUE DE AERACION

ENTRADA										
DIAM	Ø	h _{ext}	h _{int}	h _{ext}	h _{int}	Ø	h _{ext}	h _{int}	LONG.	DESCRIPCIÓN
Ø1	2"	1.1							0.20 m	TUBO CONTO Ø1
Ø2	2"	1.1								UNION -Ø1-Ø2
Ø3	2"	1.1						0.40 m	TUBO UNICO Ø1	
Ø4	2"	1.1						0.20 m	FLC Ø1	
Ø5	2"	1.1						0.20 m	TUBO UNICO Ø1	
Ø6	1/2"	1.1								BOQUILLO SUBSUELLO DE 1/2" HP
Ø7	Ø1.50	Ø1.1								CONEXION DE Ø1.50
SALIDA										
DIAM	Ø	h _{ext}	h _{int}	h _{ext}	h _{int}	Ø	h _{ext}	h _{int}	LONG.	DESCRIPCIÓN
Ø8	2"	1.1							0.20 m	TUBO CONTO Ø1
Ø9	2"	1.1								UNION Ø1-Ø2

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROFESOR: [Nombre]

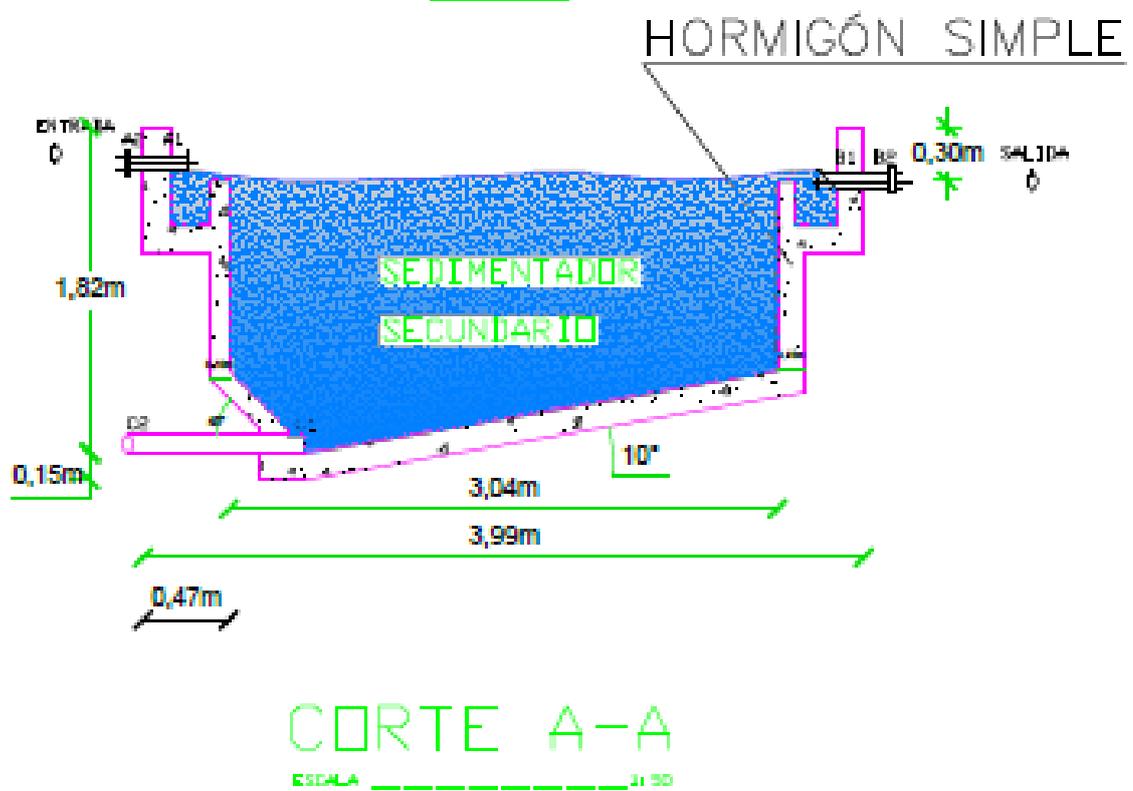
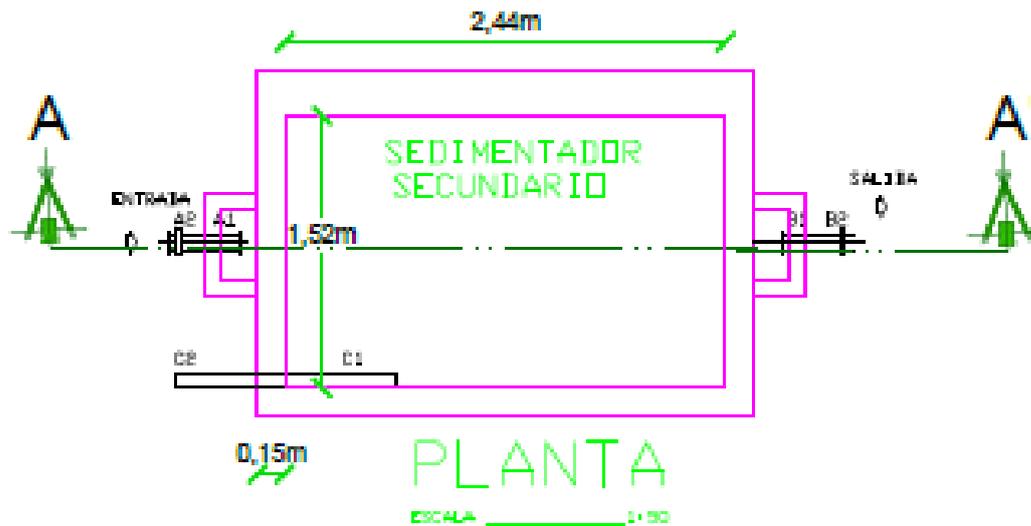
ALUMNO: [Nombre]

FECHA: [Fecha]

TÍTULO: [Título]

INSTITUCIÓN: [Institución]

LOGO: [Logo]



LISTA DE ACCESORIOS SEDIMENTADOR SECUNDARIO

ENTRADA											
SÍMBO	d	mm	h	h	h	h	h	h	h	LONG.	DESCRIPCIÓN
A1	40	1	1							0.50 m	TUBO CONO H1
A2	40	1	1								REFR. H1
SALIDA											
SÍMBO	d	mm	h	h	h	h	h	h	h	LONG.	DESCRIPCIÓN
B1	40	1	1							0.50 m	TUBO CONO B1
B2	40	1	1								REFR. B1
DESAGUE											
SÍMBO	d	mm	h	h	h	h	h	h	h	LONG.	DESCRIPCIÓN
C1	40	1	1							1.00 m	TUBO LINDO C1
C2	40	1	1								REFR. C1

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROYECTO: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

ALUMNO: [Nombre]

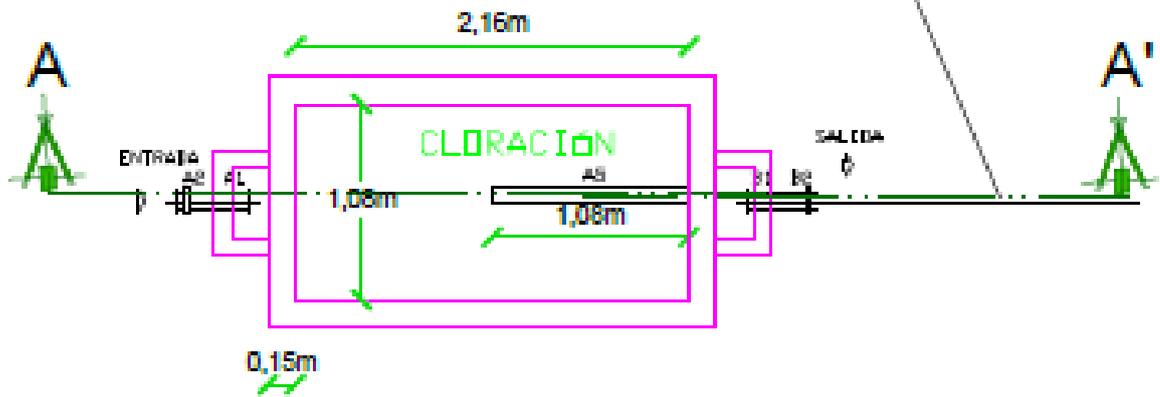
FECHA: [Fecha]

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROFESOR: [Nombre]

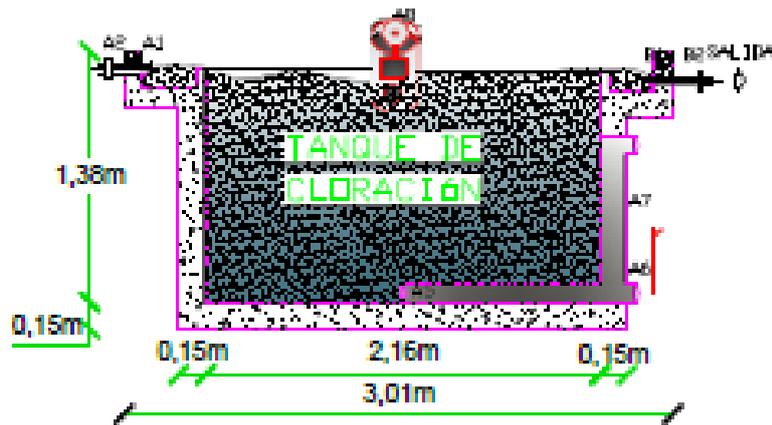
4/8

HACIA EL ALMACENAMIENTO EXISTENTE



PLANTA

ESCALA _____ 1:50



CORTE A-A

ESCALA _____ 1:50

LISTA DE ACCESORIOS CLORACIÓN

ENTRADA											
ITEM	Q	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	LONG.	DESCRIPCIÓN
41	2"	1	0								Tubo con 1/2"
42	2"	1	0								CONEXIÓN 1/2"
43	2"	1	0							1.00 m	Tubo Llave 1/2"
44	2"	1	0							0.50 m	Tubo 1/2"
45	2"	1	0							0.50 m	Tubo Llave 1/2"
46	Ø	1	0								CONEXIÓN 1/2"

SALIDA											
ITEM	Q	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	LONG.	DESCRIPCIÓN
47	2"	1	0							0.50 m	Tubo con 1/2"
48	2"	1	0								CONEXIÓN 1/2"

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL

PROYECTO:

1. PLANTA

2. CORTE

3. DETALLE

FECHA:

ELABORADO:

REVISADO:

APROBADO:

ESCUELA DE INGENIERIA AMBIENTAL