



**UNIVERSIDAD ESTADAL DE MILAGRO  
FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**TEMA:** PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE  
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A ESCALA  
PILOTO EN LA UNEMI

**Autores:**

Sr. Torres Cobo Leyner Eduardo

Sr. Delgado Delgado Darwin Olivo

**Tutor:**

Mgtr. Alcázar Espinoza Javier Alexander

**Milagro, Febrero 2020**

**ECUADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabricio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

Presente.

Yo, **Torres Cobo Leyner Eduardo**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad **presencial**, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **Desarrollo y administración de la producción**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 26 de febrero de 2020



---

Torres Cobo Leyner Eduardo

Autor 1

CI: 0941439523

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

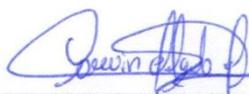
Presente.

Yo, **Delgado Delgado Darwin Olivo**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de integración curricular, modalidad **presencial**, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor, como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **Desarrollo y administración de la producción**, de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de integración curricular en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 26 de febrero de 2020



---

Delgado Delgado Darwin Olivo

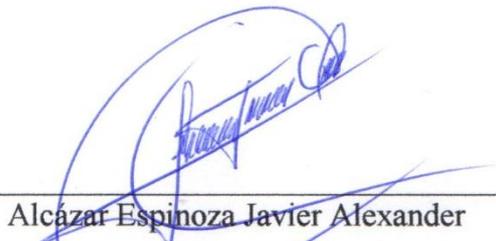
Autor 2

CI: 0940381635

## **APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, **Alcázar Espinoza Javier Alexander**, en mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, elaborado por los estudiantes **Torres Cobo Leyner Eduardo** y **Delgado Delgado Darwin Olivo**, cuyo título es **Propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas a escala piloto en la Unemi**, que aporta a la Línea de Investigación **Desarrollo y administración de la producción** previo a la obtención del Título de Grado **Ingeniero Industrial**; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso previa titulación de la alternativa de Trabajo de Integración Curricular de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 26 de febrero de 2020



Alcázar Espinoza Javier Alexander

Tutor

C.I: 1203404643

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Mgtr. Alcázar Espinoza Javier Alexander

Mgtr. Moreno Castro Denny William

Mgtr. Vaca Coronel Carlos Andrés

Luego de realizar la revisión del Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título (o grado académico) de INGENIERO INDUSTRIAL presentado por el estudiante TORRES COBO LEYNER EDUARDO

Con el tema de trabajo de Titulación: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A ESCALA PILOTO EN LA UNEMI.

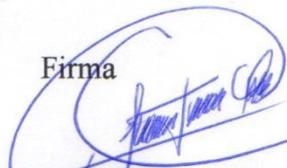
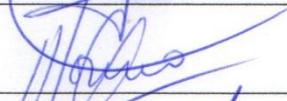
Otorga al presente Proyecto Integrador, las siguientes calificaciones:

Trabajo de Integración Curricular	[ 60 ]
Defensa oral	[ 40 ]
<b>Total</b>	[ 100 ]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 26 de febrero de 2020

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	Alcázar Espinoza Javier Alexander	
Secretario /a	Moreno Castro Denny William	
Integrante	Vaca Coronel Carlos Andrés	

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

Mgtr. Alcanzar Espinoza Javier Alexander

Mgtr. Moreno Castro Denny William

Mgtr. Vaca Coronel Carlos Andrés

Luego de realizar la revisión del Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título (o grado académico) de INGENIERO INDUSTRIAL presentado por el estudiante DELGADO DELGADO DARWIN OLIVO

Con el tema de trabajo de Titulación: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A ESCALA PILOTO EN LA UNEMI.

Otorga al presente Proyecto Integrador, las siguientes calificaciones:

Trabajo de Integración Curricular	[ 60 ]
Defensa oral	[ 40 ]
<b>Total</b>	<b>[ 100 ]</b>

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 26 de febrero de 2020

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos
Presidente	Alcázar Espinoza Javier Alexander
Secretario /a	Moreno Castro Denny William
Integrante	Vaca Coronel Carlos Andrés

Firma



## **DEDICATORIA**

A mi abuela por ser siempre el motor de mi vida y por siempre inculcarme el valor de ser un buen ser humano y luego un buen estudiante.

A mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por poner en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía.

A mi hermano por ser siempre un modelo a seguir y su apoyo incondicional durante estos años de estudio.

Finalmente quiero dedicar este trabajo de investigación a todos los profesores que aportaron en mi formación profesional.

**TORRES COBO LEYNER EDUARDO**

A aquellas personas que llevo en mi corazón y aquellos que, sin conocer, al abrir esta obra, encontrarán en ella la respuesta efectiva a sus constantes búsquedas.

**DELGADO DELGADO DARWIN OLIVO**

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a la Universidad Estatal de Milagro por permitirme desarrollarme como persona y profesional, también a todas las personas que brindaron su ayuda directa e indirectamente en este trabajo de investigación.

**TORRES COBO LEYNER EDUARDO**

Elevo mi gratitud a Dios, Padre Bueno, por su constante bendición, que ha permitido concluir esta etapa de vida.

A mis padres, hermanos, sobrina, por ser el motor necesario en los momentos de dificultad.

A mis maestros, y de manera especial a mi tutor Ing. Javier Alcázar Espinoza, por ser un faro de referencia en la senda profesional.

**DELGADO DDELGADO DARWIN OLIVO**

## ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
DERECHOS DE AUTOR.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR .....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	¡Error! Marcador no definido.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR.....	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA .....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO 1.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del problema .....	4
1.2. Objetivos .....	6
1.2.1 Objetivo General.....	6
1.2.2 Objetivos Específicos .....	6
1.3 Justificación.....	6
1.4 Marco Teórico .....	7
CAPÍTULO 2.....	15
2. METODOLOGÍA .....	15
CAPÍTULO 3.....	20
3. PROPUESTA.....	20
RECOMENDACIONES .....	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
ANEXOS .....	1

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	18
<b>Figura 2</b>	20
<b>Figura 3</b>	29
<b>Figura 4</b>	29
<b>Figura 5</b>	30
<b>Figura 6</b>	30
<b>Figura 7</b>	31
<b>Figura 8</b>	32
<b>Figura 9</b>	32
<b>Figura 10</b>	33
<b>Figura 11</b>	33
<b>Figura 12</b>	34
<b>Figura 13</b>	35
<b>Figura 14</b>	35
<b>Figura 15</b>	36
<b>Figura 16</b>	36
<b>Figura 17</b>	37
<b>Figura 18</b>	37
<b>Figura 19</b>	38

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> .....	16
<b>Tabla 2</b> .....	17
<b>Tabla 3</b> .....	18
<b>Tabla 4</b> .....	40
<b>Tabla 5</b> .....	40
<b>Tabla 6</b> .....	41

# **PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS A ESCALA PILOTO EN LA UNEMI**

## **RESUMEN**

Luego de varios estudios y en virtud de la necesidad de contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales, se llevó a cabo el diseño de una planta piloto que de tratamiento a las aguas residuales encontradas en la Universidad Estatal de Milagro, para lo cual en primera instancia se realizó una investigación de tipo documental para tomar en cuenta criterios de diferentes autores respecto al tema planteado.

En cuanto a la metodología usada el presente proyecto ha salido de lo convencional, principalmente se enfocó en la comparación de los 3 tipos de tecnologías más utilizados en el mercado, mediante la metodología de Análisis de Decisión con Criterios Múltiples (MADCM), para lo cual según los indicadores el más adecuado fue el filtro de lecho fijo aireado, el mismo que ofrece características apropiadas para espacio donde será usado.

Dando respuesta a la propuesta hecha para el proyecto tecnológico, se describió paso a paso el diseño, mediante un diagrama de flujo y también con gráficos creados en los softwares de diseño AutoCAD y AutoCAD PLANT, lo cual permitió visualizar el formato 3D como quedará la estructura física en el campus universitario.

**PALABRAS CLAVE:** Aguas residuales, filtros, lecho fijo aireado, planta de tratamiento.

# **PROPOSAL FOR THE DESIGN OF A DOMESTIC WASTEWATER TREATMENT PLANT AT PILOT SCALE IN UNEMI**

## **ABSTRACT**

After several studies and by virtue of the need to have a wastewater treatment system, the design of a pilot plant that treated the wastewater found at the Milagro State University was carried out, for which in In the first instance, a documentary investigation was carried out to take into account the criteria of different authors regarding the subject.

Regarding the methodology used, this project has gone out of the conventional, mainly focused on the comparison of the 3 types of technologies most used in the market, through the methodology of Decision Analysis with Multiple Criteria (MADCM), for which According to the indicators, the most adequate was the aerated fixed bed filter, which offers characteristics suitable for the space where it will be used.

In response to the proposal made for the technological project, the design was described step by step, using a flow chart and also with graphics created in the AutoCAD and AutoCAD PLANT design software, which allowed the 3D format to be visualized as the structure will be Physics on the university campus.

**KEY WORDS:** Filters, fixed aerated bed, processing facilities, sewage water.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación es llevado a cabo para realizar la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, en el campus de la Universidad Estatal de Milagro, la importancia de la investigación planteada radica en que el agua usada para el consumo humano en el alma mater sea tratada con los procedimientos debidos y así disminuir la contaminación.

En la actualidad debido al crecimiento que ha tenido la universidad, tanto en infraestructura como en el número de alumnos, es imprescindible contar con una planta que de tratamiento al agua residual, pues es un problema latente que no ha contado con una solución.

Dentro de la investigación se abordaron diferentes tipos de tratamientos biológicos para aguas residuales, poniendo especial énfasis en el tratamiento de lechos fijos, puesto que es usado en ciudades donde existe crecimiento demográfico.

El diseño, construcción y optimización de la planta piloto, servirá para dar tratamiento a todas las aguas residuales que genera actualmente UNEMI, y posteriormente puedan ser vertidas al cuerpo receptor cumpliendo los parámetros legales.

Se espera que el presente trabajo pueda ser replicado en las diversas universidades del país, dando una alternativa amigable para el medio ambiente, tomando en consideración una alternativa de tratamiento, usando de manera eficiente cada uno de los recursos.

## 1.1 Planteamiento del problema

La Universidad Estatal de Milagro, situada en la provincia de Guayas, cuenta con cerca de 20 años dedicada a la formación de profesionales a través de una educación de alto nivel, enfocándose no solo únicamente en la parte académica, sino además procura desarrollar la parte humana de sus estudiantes.

El crecimiento que ha experimentado la universidad a lo largo de sus cortos años de vida, ha sido un proceso un tanto acelerado, por lo cual la infraestructura del campus se ha visto ampliada considerablemente por la construcción de nuevos edificios que ayuden a poder satisfacer la demanda de estudiantes.

La problemática surge a raíz del desarrollo del espacio físico del campus, así como se evidencian mejoras que atrae esto, también existen situaciones que pueden resultar un tanto adversas, tal es el caso de la generación de agua residuales proveniente principalmente de los bares y todos los edificios que conforman la ciudadela universitaria.

La disposición de aguas residuales sin previo algún tratamiento que ayude a disminuir la carga contaminante de dichas aguas, es perjudicial para el equilibrio del medio ambiente, teniendo así consecuencias fatales tanto en la flora y fauna, adicional la salud de las personas se ven expuestas a muchos riesgos tanto químicos como biológicos.

La huella ecológica generada por los humanos debido a sus diversas operaciones tanto domesticas como industriales a lo largo del planeta, ha permitido poner en evidencia la relación que existe entre la contaminación del medio ambiente y la afectación en salud de los seres humanos. Siendo el vertido de aguas residuales sin tratar directo al medio ambiente uno de los principales focos de peligro debido a la cantidad de microorganismos que se encuentran contenidos en dichas aguas (Bofill-Mas et al., 2005).

La Universidad Estatal de Milagro cuenta con un sistema de depuración de aguas residuales, el cual es un tanque séptico y filtro anaerobio, sin embargo, este incumple los parámetros de descarga exigidos por la legislación vigente debido a que la tecnología no es la adecuada para la depuración del agua proveniente del campus universitario.

Debido a esta problemática suscitada en el alma mater, se considera oportuno construir una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales, para que así todas las aguas que resultan

luego de su respectivo uso en el campus universitario puedan ser tratadas y disminuido el nivel de riesgo tanto como para la salud de las personas y el medio ambiente, posteriormente el agua luego de ser tratada puede ser reutilizada para usos múltiples uno de ellos la jardinería o riego de las canchas de césped de la universidad.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Proponer un diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas a escala piloto, con el fin de mejorar los vertidos hacia un cuerpo hídrico.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- Fundamentar teóricamente aspectos relacionados con plantas de tratamiento de aguas residuales dentro y fuera de nuestro país.
- Analizar las tecnologías existentes para el tratamiento de aguas residuales y verificar la más factible para su implementación en el medio.
- Realizar los planos constructivos, listado de materiales y presupuesto a requerir para la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales a escala piloto.

## **1.3 Justificación**

El crecimiento del campus universitario de UNEMI y la preocupación por el cuidado del medio ambiente hace evidente la necesidad de poseer una alternativa de tratamiento de las aguas residuales que resultan del diario transcurrir del alma mater, es de conocimiento público que la Ciudad de Milagro está pasando por diferentes inconvenientes relacionados con la contaminación en general, por ello es necesario que se empiece a trabajar desde la academia con el fin de mitigar un porcentaje de esta contaminación.

La planta de tratamiento de aguas residuales domésticas será la primera en construirse dentro de una institución pública de Educación Superior de la ciudad de Milagro, mediante los diversos procesos de tratamiento se pretende disminuir la cantidad de contaminantes que se encuentran contenidos dentro de las aguas residuales para devolver al sistema hídrico un fluido acorde con las normativas de la ley ecuatoriana, la cual es categórica en el cuidado del medio ambiente.

## **1.4 Marco Teórico**

### **Antecedentes Investigativos**

Los seres humanos han usado el agua como eje principal de sobrevivencia desde su existencia, cuando aparecieron los primeros asentamientos estables, la eliminación de los residuos ha generado problemas constantes. En las décadas anteriores se ha buscado la manera de lograr una disposición correcta de los residuos líquidos derivados ya sea de uso doméstico o industrial (García, 1985).

La mejor opción para los nuevos asentamientos era ubicarse cerca de los ríos o efluentes, puesto que así podrían tener el preciado líquido vital a disposición para realizar sus actividades cotidianas, sin embargo cuando no se tiene cerca un efluente, el método que aún se observa en la actualidad era la construcción de pozos (Díaz, 2017).

A medida que fueron creciendo las civilizaciones se iba saliendo de control la deposición del agua que resultaba luego de su respectivo uso por la población, la mayor problemática se generaba cuando todas las aguas residuales eran lanzadas a los ríos sin ningún procedimiento, dado que del mismo río la comunidad se abastecía de agua para sus actividades diarias, principalmente para su alimentación. Para (Pardo, n.d.) la concentración de diferentes organismos en el agua crea un cultivo de enfermedades que afectan directamente a las personas que entran en contacto con el agua, siendo esto demostrado a finales del siglo XIX, por un microbiólogo, llamado Robert Koch, quien fue uno de los primeros investigadores en demostrar el nivel de influencia que tiene el agua residual en la propagación de enfermedades.

Según (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2017) El problema del manejo de aguas residuales se volvió más latente a lo largo del tiempo, pero si no es hasta el siglo XX donde la situación se torna insostenible, debido a la globalización del mundo entero, todos los desechos residuales eran vertidos sin discriminación alguna a los ríos, originándose así de esta manera grandes cantidades de peligros para el ser humano.

## **Fundamentación teórica**

### **El Agua**

El agua es esencial para la subsistencia, sin esta no existiría la vida así como la conocemos. Para los seres humanos, el agua es vital, se encuentra constituida entre hidrogeno y oxígeno, el cuerpo humano está compuesto de un 60% de agua, lo que evidencia su importancia para el correcto desarrollo del cuerpo humano, además es indispensable para áreas como ganadería, agricultura o la industria (Prieto, 2013).

### **Contaminación hídrica**

Tal como lo expone (Segura, 2007) la contaminación hídrica se origina cuando el agua sufre cualquier tipo de alteración en sus propiedades por alguna actividad en la que los seres humanos sean responsables tanto directa como indirectamente. La forma de contaminación hídrica más común por parte de las comunidades, ocurre con el vertido descontrolado de materiales o fluido a los cauces.

### **Aguas Residuales**

Se denomina aguas residuales a todas aquellas que han sufrido un cambio en sus características intrínsecas debido a algún uso en particular relacionado con las actividades que desarrollan los seres humanos. Así pues, luego las aguas residuales debido a su estado, el cual presenta las condiciones necesarias para ser considerado de orden nocivo, deberían recibir un tratamiento previo antes de ser vertida en los cauces hídricos (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, 2014).

### **Propiedades Físicas**

El agua residual se caracteriza por las siguientes propiedades físicas:

- **Color, olor y sabor:** estas variables son las denominadas características organolépticas, si bien es cierto no ayudan a precisar valores cuantitativos, pero ayudan a tener una idea del nivel de carga contaminante maneja el agua residual (Perez & Espigares, 2014).
- **Temperatura:** El aumento de la temperatura del agua residual genera un cambio en la solubilidad de las sustancias, es decir se presenta un aumento de la presencia de

sólidos disueltos, además la actividad biológica se expande por cada diez grados (Jimenez, 2012).

- **Sólidos:** Existe una clasificación de tres tipos de sólidos, los cuales son los sólidos disueltos, sólidos sedimentables y sólidos totales. Según su composición estos presentan características distintas, pero siempre relacionadas en común a su decantabilidad (Villacis, 2011).

### **Propiedades Químicas**

Las propiedades químicas se subdividen en tres partes, las cuales son materia orgánica, materia inorgánica y gases.

#### **Materia Orgánica:**

El 90% de la materia orgánica alojada en el agua residual, se compone de carbohidratos, proteínas y grasas. Los contaminantes en mención son biodegradables con la ayuda de microorganismos naturales que se hallan en el agua y ayudan a que exista una rápida descomposición.

#### **Demanda Bioquímica de oxígeno DBO**

Es una variable útil para verificar la eficiencia y la calidad del tratamiento de aguas residuales, además permite conocer la cantidad suficiente de oxígeno que se necesita para que se oxide la materia orgánica que se encuentra presente en el agua residual con la ayuda de un proceso aerobio (Portilla, 2018).

#### **Demanda Química de oxígeno DQO**

El DQO es usado para es un tanto químico, debido a que en esta variable se mide la demanda de oxígeno con el cual se logra oxidar la materia orgánica del agua residual con el uso de químicos. (Berruga, 1999)

#### **Materia Inorgánica:**

La carga de materia inorgánica, se presenta también en el agua residual entendiéndose como la aparición de presencia inorgánica luego de un proceso de evaporación.

- **pH:** El potencial hidrogeno es una variable que ayuda a identificar el grado de acidez, las formas de vida del medio ecológico son expuestas a riesgo, puesto que el aumento de la acidez asciende debido a la descarga de efluentes en los ríos, lo que da paso a que aumente la acidez dificultando la existencia de organismos que existen con un determinado nivel de PH (Barba, 2002).
- **Gases:** Según, (Perez & Espigares, 2014) los gases que tienen presencia en la composición del agua residual se pueden clasificar en dos tipos, primero se ubican los gases que contenidos en toda agua que es expuesta al ambiente, estos son el nitrógeno, oxígeno y el anhídrido carbónico. Luego están los gases resultantes de la descomposición de la carga orgánica del agua residual, entre ellos los principales son el metano y el sulfuro de hidrogeno.

### **Propiedades biológicas**

Las aguas residuales según su composición pueden albergar una gran cantidad de microorganismos:

- **Coliformes fecales:** son un importante indicador de presencia de materia fecal en el agua residual, puesto que este tipo de coliformes forman parte del tracto intestinal del ser humano y de los animales, además se las denomina termo tolerantes por su capacidad de soportar altas temperaturas (Mercedes, 2013).
- **Coliformes totales:** no presentan un origen fecal, por lo tanto evaluar este tipo de coliformes puede resultar en vano porque resultan de manera natural en el la vegetación o en el agua (Mercedes, 2013).

### **Tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de aguas residuales tiene como objetivo primordial tratar de preservar el medio ambiente a través de una cadena de procesos y/o tratamientos químicos, físicos y biológicos realizados en el agua residual, reduciendo de esta manera la mayor parte de carga contaminante, para luego realizar el respectivo vertido de aguas a los efluentes sin ningún o

con un menor riesgo de contaminación para la salud del ambiente y de las personas (Secretariado Alianza por el Agua, 2014).

### **Tratamiento preliminar**

El pretratamiento de aguas residuales normalmente es solo físico y mecánico, su función principal es la remoción de la presencia de materia o sólidos de tamaño considerable, para que luego en los siguientes procesos de tratamiento no existan inconvenientes por dicha presencia. Es decir se pretende evitar la obstrucción de accesorios del sistema de tratamiento de agua residual como son tuberías, filtros y válvulas (Secretariado Alianza por el Agua, 2014).

### **Tratamiento primario**

Esta fase del tratamiento de agua también es conocida como sedimentación o decantación, la misión del tratamiento primario es realizar un proceso que permita luego poder lograr retirar sedimentos flotantes o en suspensión, al mismo tiempo se consigue una ligera erradicación de elementos biodegradables, debido a que estos están formados de materia orgánica que está presente en los sólidos en suspensión (Muñoz, 2010).

### **Tratamiento secundario**

Consiste en reducir la materia orgánica, una vez concluido los procesos anteriores del tratamiento, se procede a realizar un proceso biológico, puesto que se realiza la incorporación al sistema de oxígeno, bajo parámetros estrictamente controlados, para así conseguir la oxidación de la materia orgánica de forma natural con la ayuda de bacterias que actúan como catalizadores cuando se les proporciona oxígeno (Grazia et al., 2010).

### **Tratamiento terciario**

El tratamiento terciario tiene como misión erradicar contaminantes en específico, normalmente suelen ser elementos tóxicos o contaminantes que no se hayan removido en el tratamiento secundario, entre ellos se destacan detergentes, pesticidas, metales y demás sustancias (Marcela & Rodríguez, 2015).

## **Fundamentación Legal Ambiental**

Es importante citar leyes y normativas que den sustento legal al trabajo de invitación científica, donde se resalta que no se incurre en ninguna de las leyes establecidas de manera vigente en el país, y que se las está cumpliendo a cabalidad aportando al buen vivir de los ciudadanos, por medio de una propuesta innovadora que incentiva a mantener un ambiente sano.

### **Constitución Política de la República del Ecuador, publicada en el 2008.**

La constitución en su Título II sobre los Derechos, Capítulo II Derecho del Buen Vivir, Sección II Ambiente sano indica (Constitución de la República del Ecuador, 2008):

**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

**Art. 15.-** El Estado promoverá en el sector público y privado, el uso de tecnología ambientalmente limpia y de energías alternativas no contaminantes Y de bajo impacto. la soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

**Art. 398.-** Toda Decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta el estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

### **Legislación Ambiental Ecuatoriana Libro VI, Anexo 1**

#### **Norma de calidad ambiental y descarga de efluente: Recurso agua**

Según TULSMA (2016) menciona que la presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,

- Método y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

### **Código Orgánico del Ambiente (COA)**

Según (Código orgánico del ambiente, 2017) en su Título I: Objeto, ámbito y fines menciona los siguientes artículos relacionados con la investigación :

**Artículo 1.- Objeto.** Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines (Código orgánico del ambiente, 2017).

Según (Código orgánico del ambiente, 2017) en su Título II: De los derechos, deberes y principios ambientales, menciona el siguiente artículo relacionado con la investigación :

**Artículo 9.- Principios ambientales.** En concordancia con lo establecido en la Constitución y en los instrumentos internacionales ratificados por el estado, los principios ambientales que contiene este código constituyen los fundamentos conceptuales para todas las decisiones y actividades públicas o privadas de las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos (Código orgánico del ambiente, 2017).

Este código consta de 10 principios entre los más destacados tenemos:

**2.- Mejor Tecnología disponible y mejores prácticas ambientales.** El estado deberá promover en los sectores público y privado, el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, que minimicen en todas las fases de una actividad productiva, los riesgos de daños sobre el ambiente, y los costos del tratamiento y disposición de sus desechos. Deberá también promover la implementación de mejores prácticas en el diseño, producción, intercambio y consumo sostenible de bienes y servicios, con el fin de evitar o reducir la contaminación y optimizar el uso del recurso natural (Código orgánico del ambiente, 2017).

**Artículo 10.- De la responsabilidad ambiental.** El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños e impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos en este Código (Código orgánico del ambiente, 2017).

### **Plan de investigación**

Para la elaboración de este trabajo de investigación se tomó como referencia el plan de estudios doctoral basado en el tema “Evaluación cinética y de la eficiencia de la eliminación simultánea de materia orgánica y nitrógeno de las aguas residuales urbanas mediante un lecho aireable sumergido a escala piloto”, el cual nos sirvió para entender más a fondo el funcionamiento de este tipo de tecnología y poder desarrollar una investigación asertiva con una fundamentación teórica mucha más sólida (Alcázar & Jácome, 2018).

## CAPÍTULO 2

### **2. METODOLOGÍA**

Contar con una alternativa para el tratamiento de aguas residuales en la Universidad Estatal de Milagro es de vital importancia, tomando en cuenta que la institución al momento tiene una población total de más de 7.000 estudiantes y además el personal docente y administrativo, se ha trabajado en el proyecto con el fin de aminorar el porcentaje de contaminación que existe actualmente, no solo en el alma mater sino también en la ciudad de Milagro.

Previo a la realización del diseño de la planta, se hizo un muestreo de las aguas residuales del campus de UNEMI, para analizar diferentes factores contaminantes como: Sólidos suspendidos totales, Nitrógeno Amoniacal, Nitrógeno total Kjeldahl, Sulfuros, Fósforo total, Tensoactivos – Detergentes, Aceites y grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Hidrocarburos Totales de Petróleo, Coliformes fecales; encontrado en la muestra tomada que algunos de los parámetros analizados están sobre los establecidos en la normativa ambiental vigente.

#### **Tipo y Diseño de Investigación**

El proceso metodológico de este proyecto de investigación, está sustentado sobre la propuesta de diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas a escala piloto en la Universidad Estatal del Milagro, por lo cual se considera es una investigación de campo, puesto que se realiza en el lugar donde surge la problemática.

A más de esto también está considerada como documental y bibliográfica, dando acceso a que se fundamente y sustente el capítulo y sobre todo al marco teórico y referencial, contribuyendo a que se aclare cualquier tipo de dudas relacionadas con el tema y permitiendo que se use la técnica adecuada para la puesta en marcha del diseño del proyecto.

#### **Los Métodos y las Técnicas**

El método que se usará es el explicativo, debido a que permitirá que se despejen las causas y efectos de la investigación, basada en el diseño de una planta para el tratamiento de aguas residuales que funcionará dentro de UNEMI y esto ayudará a la consecución de los objetivos planteados.

A más de eso el presente proyecto de grado también es de carácter deductivo porque con la investigación se busca que desde premisas generales se llegue a conseguir un resultado específico que dé solución a la problemática que tiene actualmente la institución, considerando que no se han realizado investigaciones similares anteriormente.

### **Método de Análisis de Decisión con Criterios Múltiples (MADCM)**

Como método principal se ha establecido el MADCM, porque mediante la evaluación de indicadores con criterios en diferentes escalas, los mismos que cuentan con valores que ayudan a que los investigadores puedan tomar decisiones acorde a las necesidades de la institución y elegir la mejor alternativa para que se de tratamiento de aguas residuales.

### **Técnica fichas de cotejo**

Existen varios tipos de filtros, los más habitualmente usados para el tratamiento de aguas son: Filtros percoladores, reactor biológico lecho fijo aireado, reactor biológico lecho fijo; con el fin de encontrar el tipo adecuado se hará una ficha de cotejo la cual consiste en una tabla de contenidos, que serán evaluados de manera cuantitativa para analizar si los indicadores de cada uno de ellos se adecuan al proyecto que se va a realizar y permitirá obtener resultado precisos, considerando el tiempo, el lugar y las necesidades, acorde con la investigación planteada y a los estudios de muestra realizados.

### **Tipos de tecnologías evaluadas**

Para realizar el proceso de evaluación y elegir el tipo de tecnología apropiado para dar tratamiento de aguas residuales del campus universitario se analizaron a Filtros percoladores, reactores biológicos de lecho fijo aireado, reactores biológicos de lecho fijo, los mismos que fueron evaluados con los mismos indicadores.

<b>N.-</b>	<b>TECNOLOGÍAS</b>
<b>1</b>	FILTRO PERCOLADOR
<b>2</b>	REACTOR BIOLOGICO LECHO FIJO AEREADO
<b>3</b>	REACTOR BIOLOGICO LECHO FIJO

*Tabla 1*  
*Elaboración propia*

### **Factores de decisión**

Para elegir una de las tecnologías como punto estratégico se plasman cinco factores de decisión, también denominados indicadores como: costos de operación y mantenimiento de la planta, la calidad del efluente, requerimientos del área, requerimiento de energía y problemas de olores; esto ayuda a tener una valoración desde un aspecto técnico, la tecnología con mayor puntuación será la más factible y elegida para usar.

### **Peso relativo**

A cada factor de decisión se le asigna un peso relativo según el nivel de importancia, el puntaje más alto es de 5, lo que significa genera gran incidencia, mientras que 4 es un nivel intermedio y 3 es porque genera menos impacto a la hora de elegir la tecnología a usarse.

<b>FACTORES DE DECISIÓN</b>	<b>PESO RELATIVO</b>
<b>COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>	5
<b>CALIDAD DEL EFLUENTE</b>	4
<b>REQUERIMIENTO DE ÁREA</b>	4
<b>REQUERIMIENTO DE ENERGÍA</b>	3
<b>PROBLEMAS DE OLORES</b>	4

*Tabla 2*  
*Elaboración propia*

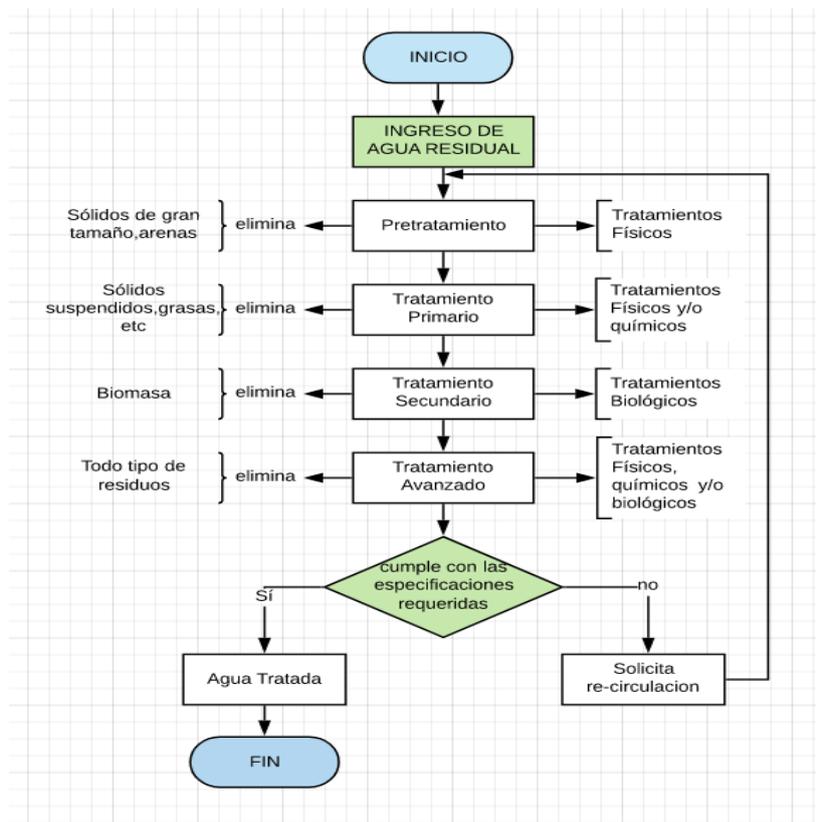
### **Matriz de evaluación**

A continuación se realiza la presentación de una tabla general, denominada ficha de cotejo, las tres tecnologías a evaluar cuentan con un puntaje con escala del 1 al 5 el cual es asignado acorde a valoraciones deducidas por lo investigado interiormente, también tiene un puntaje total que proviene de la multiplicación de la puntuación asignada por el peso relativo de cada factor de decisión, esto llevó a que a través de la sumatoria se obtenga un margen de error mínimo permitiendo que escoja la opción más adecuada y viable que en el caso de la presente investigación fue el reactor biológico de lecho fijo aireado, puesto que con un puntaje total de 70 obtuvo la mayor puntuación en base a los aspectos técnicos analizados.

FACTOR DE DECISIÓN	PESO RELATIVO	TECNOLOGÍAS					
		FILTRO PERCOLADOR		REACTOR BIOLÓGICO LECHO FIJO AEREAADO		REACTOR BIOLÓGICO LECHO FIJO	
		PUNTAJE (1-5)	PUNTAJE TOTAL	PUNTAJE (1-5)	PUNTAJE TOTAL	PUNTAJE (1-5)	PUNTAJE TOTAL
COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	5	2	10	4	20	4	20
CALIDAD DEL EFLUENTE	4	3	12	5	20	4	16
REQUERIMIENTO DE ÁREA	4	3	12	2	8	2	8
REQUERIMIENTO DE ENERGÍA	3	3	9	2	6	2	6
PROBLEMAS DE OLORES	4	1	4	4	16	2	8
		SUMA	47	SUMA	70	SUMA	58

**Tabla 3**  
Autores: Elaboración propia

Luego de hacer la comparativa y analizar por medio de indicadores, se eligió el tipo de filtro adecuado para el proyecto que se va a implementar, a continuación, mediante un gráfico se establece lo que ocurre durante las diferentes etapas de un tratamiento de aguas residuales.



**Figura 1**  
Autores: Elaboración propia

### **Proceso Estadístico de la Información**

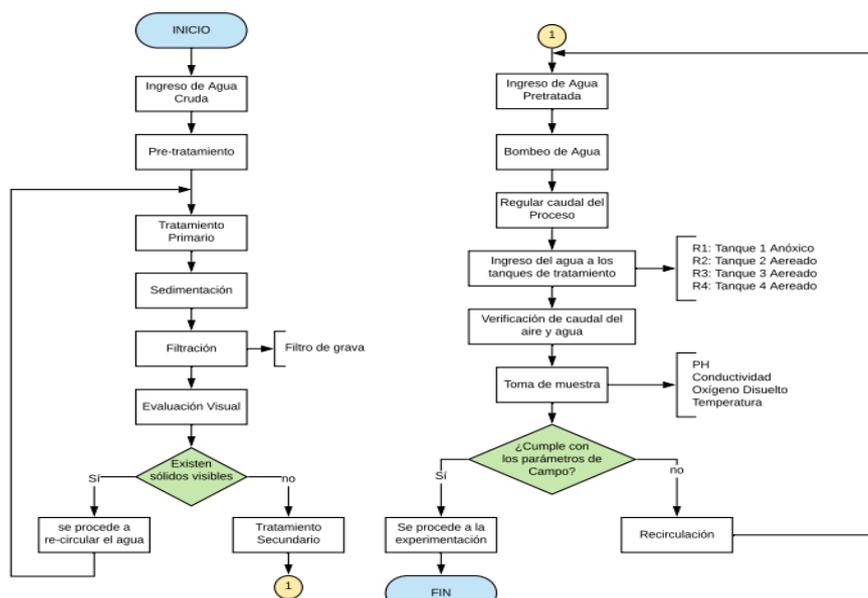
Por la naturaleza y el objeto de investigación fundamentados con autores que cimentan la investigación a través de artículos científicos encontrados en deferentes páginas de internet, lo que permite realizar un análisis profundo y hacer una descripción sin la necesidad de usar datos estadísticos, tabulados en Excel.

# CAPÍTULO 3

## 3. PROPUESTA

Luego de un exhaustivo análisis y en base a lo expuesto en los capítulos 1 y 2 con información de tipo documental y de campo del presente trabajo de investigación, la propuesta tecnológica que se hace para este proyecto es la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en el campus de la Universidad Estatal de Milagro, que en referencia a lo expuesto será de lecho fijo aireado, por las cualidades que aporta ya que según los resultados es de mayor factibilidad y aplicación al entorno acorde al espacio donde se llevará a cabo el trabajo.

El funcionamiento del sistema para el tratamiento de aguas residuales está representado en el siguiente diagrama de diagrama de flujo, donde se encontrará que sus procesos siguen una secuencia, si pasan la valoración de la existencia de sólidos, se realiza la recirculación del agua a la estación de tratamiento primario, caso contrario se continúa con el proceso, de tratamiento secundario; para continuar se prosigue con otro cuestionamiento, si cumple o no los parámetros de campo, cuando la respuesta es SI se produce la experimentación, de NO ser así se realiza recirculación del agua.



**Figura 2**  
Autores: Elaboración propia

## Cálculos para el diseño

### Parámetros

H relleno = 500 mm

Ø relleno = 200 mm

Demanda biológica de oxígeno (DBO5) = 200 g/m<sup>3</sup>

Demanda química de oxígeno (DQO) = 500 g/m<sup>3</sup>

Nitrógeno total Kjeldahl (NTK) = 40 g/m<sup>3</sup>

Determinación de caudal para que BNTK, 1era etapa ≤ 0,2 Kg\*NTK/m<sup>3</sup>\*d

$$BNTK = \frac{Q * [NTK]}{V \text{ relleno}} \quad \rightarrow \quad Q = \frac{V \text{ relleno} * BNTK}{NTK}$$
$$Q = \frac{\left[ \frac{\pi * (\text{Ø relleno})^2}{4} * H \text{ relleno} \right] * BNTK}{NTK}$$

$$Q = \frac{\left[ \frac{\pi * (0,2)^2}{4} * 0,5 \right] m^3 * 0,2 \frac{Kg \text{ NTK}}{m^3 d}}{0,040 \frac{Kg \text{ NTK}}{m^3}} = 0,0785 \frac{m^3}{d} \rightarrow 3,27 \frac{l}{h}$$

### Procedimiento:

Se realizará el cálculo de caudal (Q) cumpliendo la condición de que el resultado sea ≤ a 0,2 Kg\*NTK/m<sup>3</sup>\*d.

Se presenta la fórmula de BNTK a la cual se le realiza un proceso de despeje con el fin de hallar el valor del caudal (Q).

Se reemplazan valores en la formula y como resultado:

$$Q = 0,0785 \frac{m^3}{d} \text{ lo que transformado a litros sobre horas es } 3,27 \frac{l}{h}$$

### Carga DBO5/DQO

#### Primera etapa

$$DBO1 = \frac{Q * [DBO]}{Vr1} = \frac{0,0785 \frac{m^3}{d} * 0,2 \frac{Kg}{m^3}}{\left( \left( \frac{\pi * 0,2^2}{4} \right) * 0,5 \right) m^3}$$

$$DBO1 = \frac{1 \text{ Kg DBO5}}{m^3 d}$$

$$DQO1 = \frac{Q * [DQO]}{Vr1} = \frac{0,0785 \frac{m^3}{d} * 0,5 \frac{Kg}{m^3}}{\left(\left(\frac{\pi * 0,2^2}{4}\right) * 0,5\right) m^3}$$

$$DQO1 = \frac{2,5 Kg DQO}{m^3 d}$$

### Procedimiento:

Se procede al cálculo de la cantidad de DBO5 Y DQO presentes en la primera etapa para lo cual nos ayudamos de la formulas presentadas, los parámetros utilizados son el caudal ya calculado con anterioridad, el valor de DBO5 y DQO respectivamente definidos y el volumen de relleno. Al reemplazar en las fórmulas se obtienen los siguientes resultados.

$$DBO1 = \frac{1 Kg DBO5}{m^3 d} \text{ y } DQO1 = \frac{2,5 Kg DQO}{m^3 d}$$

### Carga global

$$DBO Global = \frac{Q * [DBO]}{4 * Vr1} = \frac{0,0785 \frac{m^3}{d} * 0,2 \frac{Kg}{m^3}}{(4 * 0,015) m^3} = \frac{0,25 Kg DBO5}{m^3 d}$$

$$DQO Global = \frac{Q * [DQO]}{4 * Vr1} = \frac{0,0785 \frac{m^3}{d} * 0,5 \frac{Kg}{m^3}}{(4 * 0,015) m^3} = \frac{0,625 Kg DQO}{m^3 d}$$

### Procedimiento:

En esta parte del proceso una vez obtenidos la carga inicial de DBO5 y DQO en la primera etapa se calculará la global en los 4 reactores, la fórmula es muy similar la única diferencia es el factor de multiplicación 4 por la cantidad de reactores en la planta.

Una vez reemplazados los valores correspondientes se obtienen los siguientes resultados:

$$DBO Global = \frac{0,25 Kg DBO5}{m^3 d} \text{ y } DQO Global = \frac{0,625 Kg DQO}{m^3 d}$$

### Bombas dosificadoras

$$Alimentación = 2 * 3,27 \frac{l}{h} \geq 6,5 \frac{l}{h} \rightarrow 10 \frac{l}{h}$$

$$\text{Recirculación}(\text{Máximo } 4Q) = 3,27 * 4 = 13,08 \frac{l}{h} \rightarrow 2 * 13,08 = 26,2 \frac{l}{h} \rightarrow 40 \frac{l}{h}$$

**Procedimiento:**

En esta ocasión se calcula el caudal (Q) que deberán suministrar las bombas utilizadas en el proyecto.

En la primera parte tenemos para fase de alimentación donde se multiplica el valor del caudal (Q) ya calculado por 2 esto por normativa establecida, obteniendo como resultado *Alimentación = 6,5  $\frac{l}{h}$  y se lo aproxima a 10  $\frac{l}{h}$  por motivos comerciales.*

En la segunda parte tenemos la etapa de recirculación lo cual se calcula multiplicando el valor del caudal (Q) ya calculado por 4 debido a la cantidad de reactores utilizados, a este resultado se lo multiplica por 2 debido a un factor de seguridad ya que se deberá experimentar con algunas variaciones en los caudales es decir poseeremos una cierta holgura para esta experimentación.

**Calculo para H2=70cm**

$$\frac{H2}{H1} = \frac{70}{50} = 1,40 \rightarrow H2 = 1,40 H1$$

$$V1 = \frac{\pi * (\varnothing1)^2}{4} * H1 \text{ YA CALCULADO}$$

$$V2 = \frac{\pi * (\varnothing2)^2}{4} * H2 = \frac{\pi * (\varnothing2)^2}{4} * 1,40 H1 = 1,40 V1$$

**Procedimiento:**

En esta etapa se realiza una relación entre H2 y H1 obteniendo un factor de 1,40H1, la cual utilizamos para el cálculo del V2, lo cual dio como resultado 1,40 V1.

Determinación de caudal para que BNTK, 1era etapa  $\leq 0,2 \text{ Kg} * \text{NTK} / \text{m}^3 * \text{d}$

$$Q1 = \frac{\left[ \pi * \frac{(Q1)^2}{4} * H1 \right] * [\text{NTK}]}{B[\text{NTK}]} \text{ YA CALCULADO}$$

$$Q2 = \frac{\left[ \pi * \frac{(Q1)^2}{4} * H2 \right] * [\text{NTK}]}{B[\text{NTK}]} = \frac{\pi * \frac{(Q1)^2}{4} * 1,40 H1 * [\text{NTK}]}{B[\text{NTK}]}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{H_1}{1,40 H_1} \rightarrow Q_2 = 1,40 Q_1 = 0,0785 * 1,4 = 0,11 \frac{m^3}{d} = 4,6 \frac{l}{h}$$

$$Q \text{ recirculación} \leq 4Q$$

$$Q \text{ recirculación} \leq 4 * 4,6 = 18,32 \frac{l}{h}$$

Tenemos ahora el cálculo de Q2 el cual se lo realiza mediante una relación de caudales (Q1 y Q2) y realizando el respectivo despeje de la incógnita a obtener, dando como resultado  $Q_2 = 1,40 Q_1$  realizando la multiplicación por Q1 tenemos  $0,11 \frac{m^3}{d}$  lo que transformado a litros obre horas es  $4,6 \frac{l}{h}$

### Bomba 1

$$\text{Alimentación} \rightarrow 2Q = Q_{\text{máx}} \rightarrow Q \equiv 10 \frac{l}{h}$$

### Bomba 2

$$\text{Recirculación} = 4Q_{\text{máx}} \rightarrow Q \equiv 40 \frac{l}{h}$$

Por último, tenemos el cálculo de los caudales para las bombas a utilizar el proceso de alimentación será de  $Q \equiv 10 \frac{l}{h}$  y el de recirculación resulta de la multiplicación del Q máximo por 4 obteniendo un  $Q \equiv 40 \frac{l}{h}$

## Cálculo del Aire

### Dimensiones finales

$$C1 = \text{Diámetro Unitario Reactor adoptado (m)} = 0,20$$

$$C2 = \text{Altura Relleno adoptada (m)} = 0,70$$

$$B6 = \text{Volumen Anóxico (L)} = 21,99$$

$$B7 = \text{Volumen Aerobio Total (L)} = 65,97$$

$$C3 = \frac{V_{\text{Anóxico}}}{V_{\text{Aerobio}}} = 0,33$$

$$B8 = \text{Número de Reactores Aerobios adoptados} = 3$$

### Necesidades de oxígeno NO ( $\frac{g}{d}$ )

$$NO = A1 * (B1 * (A2 - B2) + (B3 * A3))$$

$$NO = 0,055 \frac{m^3}{d} \left( 1,2 \frac{gO}{gDBO} * \left( 47 \frac{mg}{L} - 25 \frac{mg}{L} \right) + \left( 4,5 \frac{gO}{gN} * 68,6 \frac{mg}{L} \right) \right)$$

$$NO = 18,40 \frac{g}{d}$$

$$A1 = \text{Caudal diseño de agua residual} \left( \frac{m^3}{d} \right) = 0,055$$

$$B1 = \text{Coeficiente de Oxidación DBOC} \left( \frac{gO}{gDBO} \right) = 1,2$$

$$A2 = \text{DBO afluente reactor aerobio} \left( \frac{mg}{L} \right) = 47$$

$$B2 = \text{DBO efluente} \left( \frac{mg}{L} \right) = 25$$

$$A3 = \text{Coeficiente de Oxidación DBON} \left( \frac{gO}{gN} \right) = 4,5$$

$$B3 = \text{Nitrificación requerida} \left( \frac{mg}{L} \right) = 68,6$$

### Procedimiento:

Se realizará el cálculo de la necesidad de oxígeno  $NO \left( \frac{g}{d} \right)$  para nuestro Sistema que está dado por diferentes factores que interviene dentro del proceso:

Los factores que interviene en el proceso son *DBO afluente reactor aerobio*  $\left( \frac{mg}{L} \right)$  menos el *DBO efluente*  $\left( \frac{mg}{L} \right)$  y el resultado de esto se multiplicara por el *Coeficiente de Oxidación DBOC*  $\left( \frac{gO}{gDBO} \right)$  a esto se le sumará el producto entre el *Coeficiente de Oxidación DBON*  $\left( \frac{gO}{gN} \right)$  y la *Nitrificación requerida*  $\left( \frac{mg}{L} \right)$ .

Entonces la necesidad de oxígeno se la calcula mediante el producto del *Caudal diseño de agua residual que se estimo*  $\left( \frac{m^3}{d} \right)$  por los factores anteriormente hallados.

Esto da un resultado de:

$$NO = 18,40 \frac{g}{d}$$

Es decir 18,40 gramos por día lo cual es el estimado del oxígeno requerido para el sistema.

**Necesidades de Aire de Oxidación (Solo para volumen AEROBIO)  $NAO \left( \frac{L}{h} \right)$**

$$NAO = \frac{A4}{1000 * 24 * B4} * \frac{1}{\frac{B5}{100}}$$

$$NAO = \frac{18,40 \frac{g}{d}}{1000 * 24 * 0,286} * \frac{1}{\frac{8}{100}}$$

$$NAO = 0,03351 \frac{m^3}{h} * \frac{1L}{1000m^3}$$

$$NAO = 33,51 \frac{L}{h}$$

$$A4 = \text{Necesidad de Oxígeno} \left( \frac{g}{d} \right) = 18,40$$

$$B4 = \text{Necesidad de oxígeno por } m^3 \left( \frac{g}{m^3} \right) = 0,286$$

$$B5 = \text{Eficacia de difusores}(\%) = 80$$

### Procedimiento:

Para poder calcular las Necesidades de Aire de Oxidación  $NAO \left( \frac{L}{h} \right)$  que lo utilizaremos solo para nuestro volumen AEROBIO será necesario primero encontrar y conocer la necesidad de oxígeno para nuestro sistema el cual se dividirá para el producto entre las constantes 1000 y 24 por la *Necesidad de oxígeno por  $m^3 \left( \frac{g}{m^3} \right)$*  como se muestra en la formula, a esto se le multiplicara la relación entre la unidad y la *Eficacia de difusores(\%)* que como viene dada en porcentaje se la dividirá para 100 para su posterior resolución.

Esto resultado 33,51 litros por hora nos permite conocer el volumen para que nuestro sistema funcione correctamente y no presente irregularidades al momento de su funcionamiento.

### Cálculo de Volúmenes (L)

#### *Volumen Anóxico (L)*

$$V_{Anóxico} = \frac{\pi * (C1)^2}{4} * \frac{C2}{1000}$$

$$V_{Anóxico} = \frac{\pi * (0,2 m)^2}{4} * \frac{0,7 m}{1000}$$

$$V_{Anóxico} = 21,99 L$$

### Procedimiento:

El volumen Anóxico se calcula con la fórmula de Volumen de un cilindro utilizando como diámetro el *adoptado como Diametro del reactor (m)* y para la altura la *adoptada para el relleno (m)* y posteriormente se lo procede a transformar en litros dividiéndolo para 1000.

**Volumen Aerobio Total (L)**

$$VAerobio = \frac{\pi * (C1)^2}{4} * \frac{C2 * B8}{1000}$$

$$VAerobio = \frac{\pi * (0,2 m)^2}{4} * \frac{0,7 m * 3}{1000}$$

$$VAerobio = 65,97 L$$

**Procedimiento:**

Para el volumen Aerobio se calcula de la misma forma que el volumen Anóxico pero se le multiplica por el *Número de Reactores Aerobios adoptados* que en este caso serán 3.

**Necesidades de Aire Mezcla/Lavado NAML ( $\frac{m^3}{h}$ )**

$$NAML = A5 * \frac{B6 + B7}{1000}$$

$$NAML = 2 \frac{\frac{m^3}{h}}{\frac{m^3}{m^3}} * \frac{21,99 L + 65,97 L}{1000}$$

$$NAML = 0,18 \frac{m^3}{h}$$

$$A5 = \text{Energía de Mezcla/Lavado} \left( \frac{\frac{m^3}{h}}{\frac{m^3}{m^3}} \right) = 2$$

$$B6 = \text{Volumen Anóxico (L)} = 21,99$$

$$B7 = \text{Volumen Aerobio Total (L)} = 65,97$$

**Procedimiento:**

La Necesidad de Aire Mezcla/Lavado NAML ( $\frac{m^3}{h}$ ) se la calculara mediante el producto entre *Energía de Mezcla/Lavado ( $\frac{\frac{m^3}{h}}{\frac{m^3}{m^3}}$ )* por una relación entre la suma de *Volumen Anóxico (L)* y *Volumen Aerobio Total (L)* dividido para 1000.

Este resultado permite apreciar la cantidad de  $m^3$  de aire por h que necesita para el sistema lo cual es:

$$NAML = 0,18 \frac{m^3}{h}$$

### **Necesidad de aire por difusor**

$$ND = \frac{A6}{B8}$$

$$ND = \frac{0,18 \frac{m^3}{h}}{5 \frac{m^3}{h}}$$

$$ND = 0,035$$

$$A6 = \text{Caudal de Aire Adoptado} \left( \frac{m^3}{h} \right) = 0,18$$

$$B8 = \text{Caudal Unitario Difusor} \left( \frac{m^3}{h} \right) = 5$$

### **Procedimiento:**

La cantidad de difusores viene dada por la relación entre *Caudal de Aire Adoptado*  $\left( \frac{m^3}{h} \right)$  y *Caudal Unitario Difusor*  $\left( \frac{m^3}{h} \right)$  lo cual nos da como resultado 0,035 que significa la cantidad de aire requerida por cada difusor.

### **Caudal de aire adoptado $\left( \frac{m^3}{h} \right)$**

Sera:

$$CA = 0,176 \left( \frac{m^3}{h} \right)$$

### **Software usado AutoCAD y AutoCAD Plant**

Para la realización del diseño se usó programas como AutoCAD y AutoCAD Plant, que son habitualmente usados para crear dibujos técnicos, más usados por ingenieros, tecnólogos y personas dedicadas a diseño gráfico.

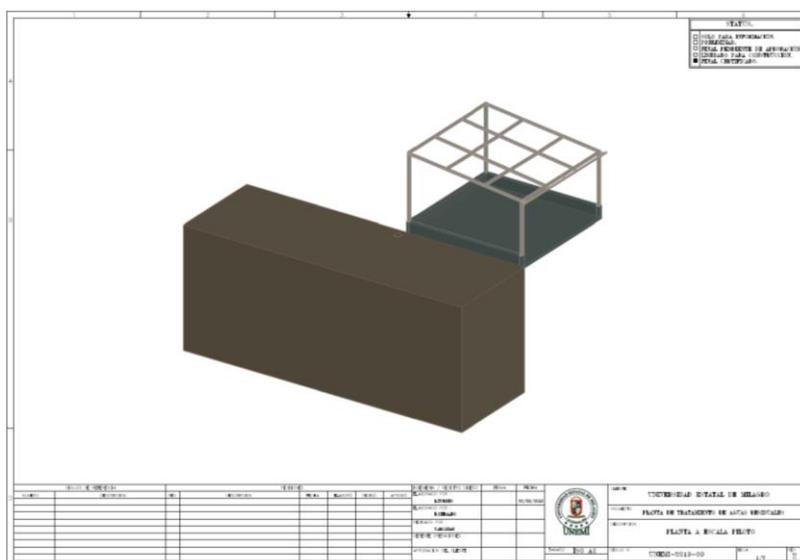
En el caso de AutoCAD es usado para diseñar, CAD en inglés quiere decir Computer Aid Design, en el programa se pueden crear una variedad de diseños técnicos, en 2d y 3d, planos, objetos, etc.



**Figura 5**  
*Autores: Elaboración Propia*

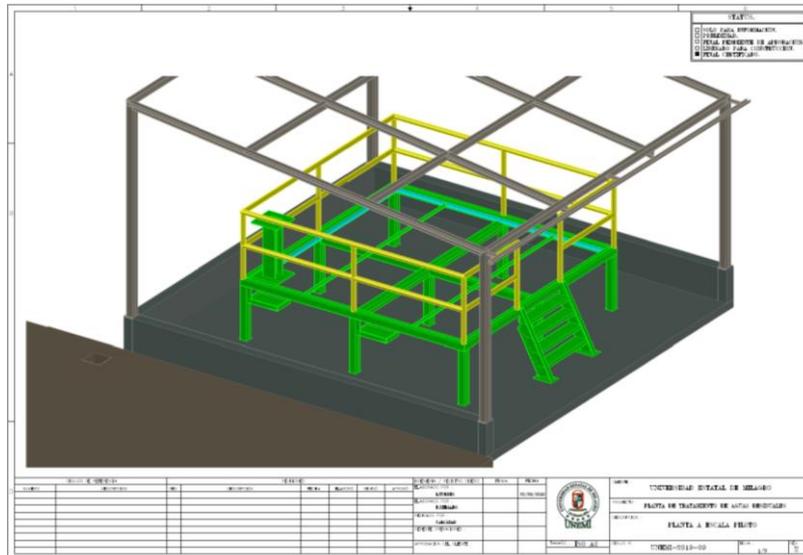
A un lado de los cimientos de agregó el pozo de agua existente en el alma mater, el cual en la actualidad cumple funciones como tratamiento primario de aguas residuales, siendo este el único sistema de tratamiento que tiene UNEMI para aguas residuales. Este pozo servirá como fuente principal de abastecimiento de aguas residuales que serán tratadas con la nueva planta a escala piloto con filtro de lecho fijo aireado.

Se colocó encima de las bases o riostras una estructura que será la parte externa la cual estará encargada de cubrir toda el área de las instalaciones, principalmente se usó perfiles metálicos como UPN -80.



**Figura 6**  
*Autores: Elaboración Propia*

En el siguiente gráfico se observa como se ha procedido a colocar todo soporte o estructura interna de la planta de tratamiento a escala piloto, con la utilización de diferentes tipos de vigas y perfiles metálicos como son UPN-80, T-30x30mm, L-30x3mm, UPN-170 y placas soportes con espesor de 3mm que anclan las bases de la estructura al concreto.



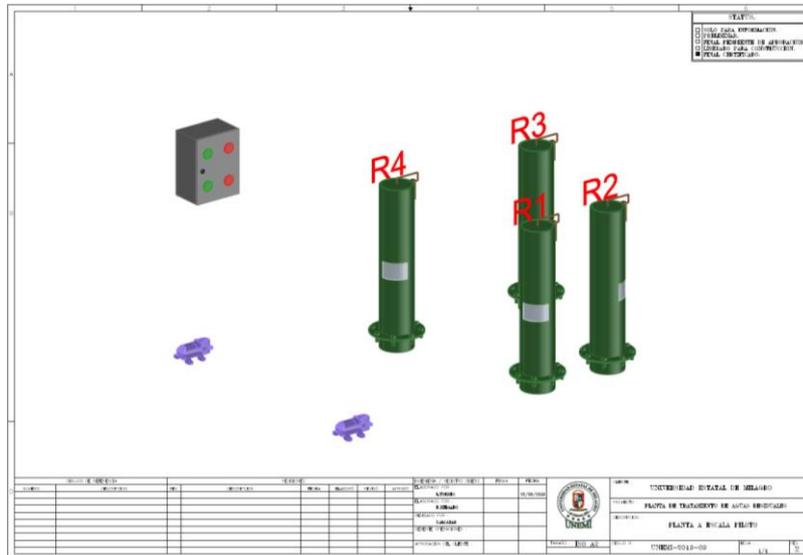
**Figura 7**  
 Autores: *Elaboración propia*

A continuación, se realizó el diseño de los equipos que intervienen durante el proceso de tratamiento de agua.

Bombas de agua: las mismas serán utilizadas con dos fines, el primero será para la succión del agua residual que será llevada desde el pozo hasta el sistema de tratamiento, la segunda bomba tiene como fin la recirculación del cuerpo hídrico durante el procedimiento en la nueva planta a escala piloto.

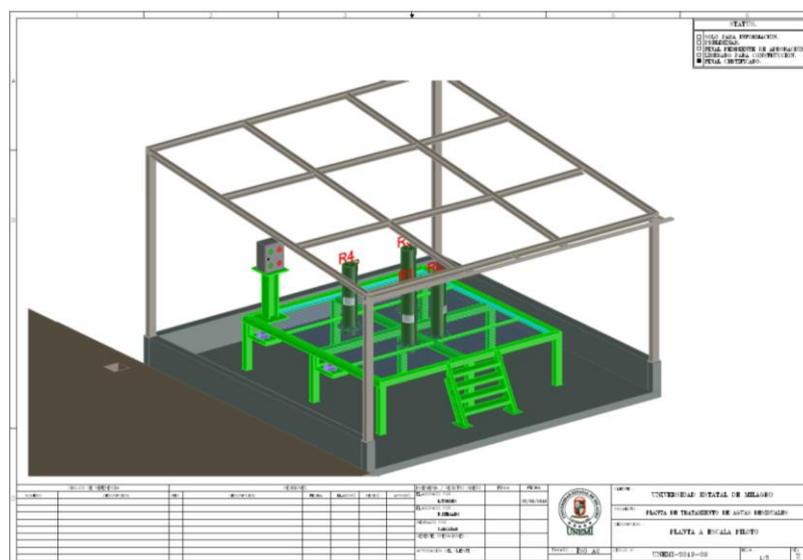
Tablero eléctrico: su fin será controlar la parte eléctrica de las bombas para su adecuado funcionamiento.

Recipientes: Es una de las partes fundamentales del proceso, debido a que ahí se llevara a cabo el proceso de tratamiento de tratamiento biológico secundario, en el interior del recipiente se deberá encontrar un mallado especial que sirve para atrapar los sólidos de mayor tamaño y con esto evitar que se presenten atascamientos por solidos de mayor volumen dentro de los filtros del sistema de tratamiento, cabe recalcar que el atascamiento es uno de los principales inconvenientes que afectan dentro de los sistemas de tratamientos biológicos.



**Figura 8**  
 Autores: Elaboración propia

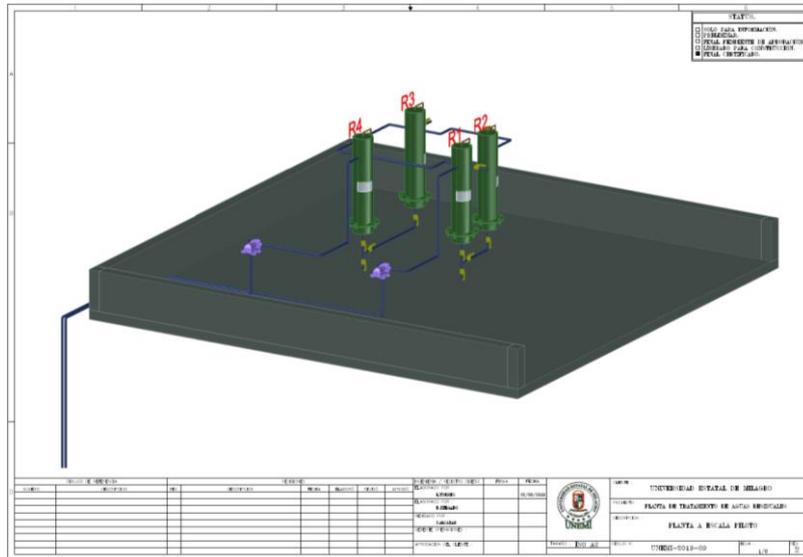
En la siguiente presentación se observa como los equipos previamente diseñados ya han sido colocados en su respectiva ubicación, adicionalmente se presenta como fue colocado el grating (piso metálico) de 1000x2000mm, sirviendo como base para el pasillo de la instalación.



**Figura 9**  
 Autores: Elaboración propia

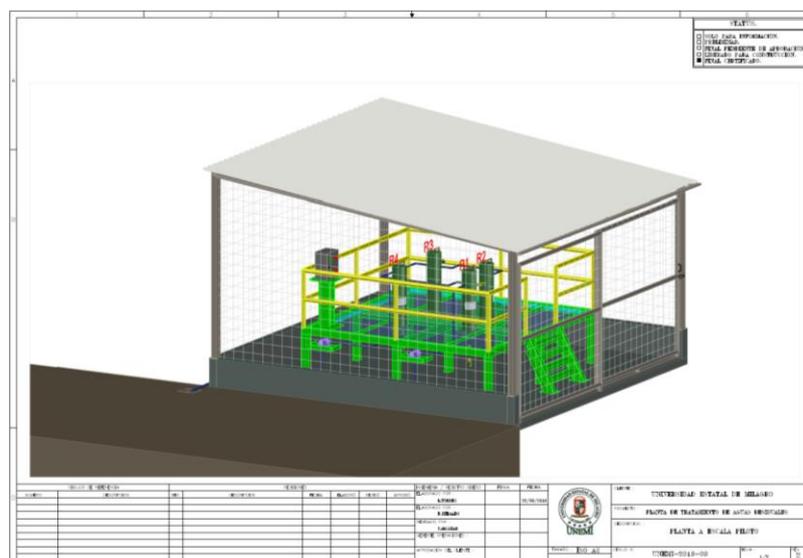
Se presenta un esquema gráfico del diseño de las conexiones de tuberías de agua que tendrá la planta de tratamiento de agua residual a escala piloto, las cuales están compuestas por tubos de PVC de 1/4" de pulgada. Además, se observa la colocación de las válvulas de cierre

rápido para el control óptimo del fluido dentro del proceso, sirviendo así las válvulas para la toma de muestras para la verificación de la calidad, proceso y también para purgar el sistema cuando sea necesario.



**Figura 10**  
Autores: Elaboración propia

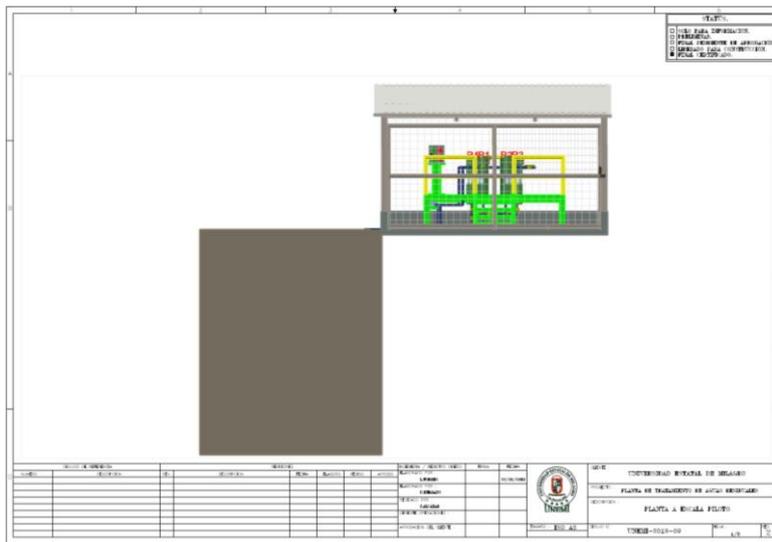
Para la parte final del diseño se procede a ubicar el cerramiento de las instalaciones, el mismo que estará compuesto de mallas electrosoldadas en todo el perímetro, también se observa el techo, el cual estará constituido de planchas de zinc, el diseño contiene una puerta de entrada hacia las instalaciones de la planta de tratamiento de agua residual a escala piloto la cual brindará más seguridad.



**Figura 11**  
Autores: Elaboración propia

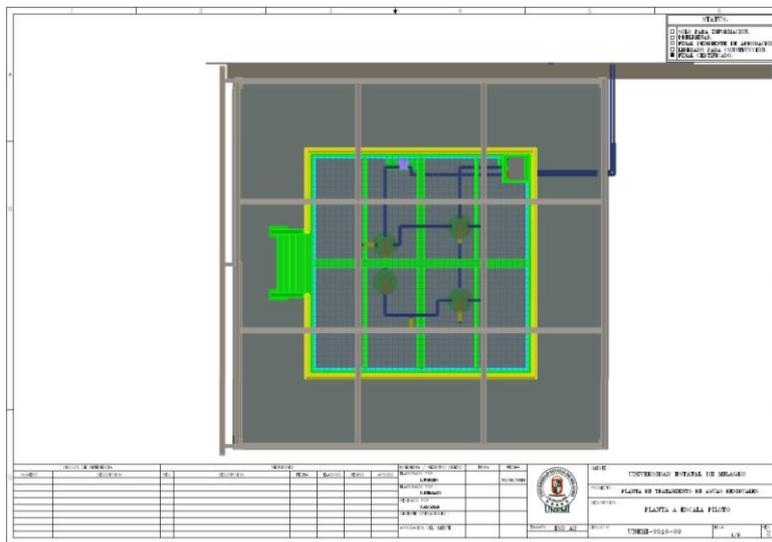


## VISTA FRONTAL



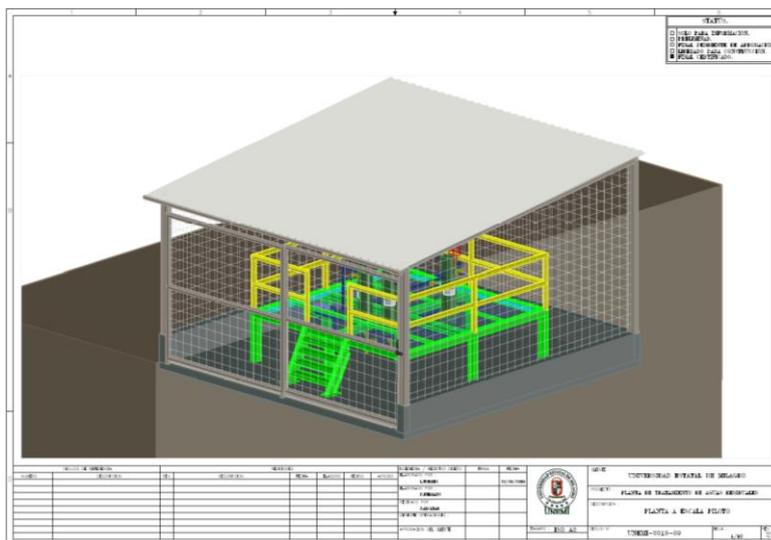
**Figura 13**  
Autores: Elaboración propia

## VISTA SUPERIOR



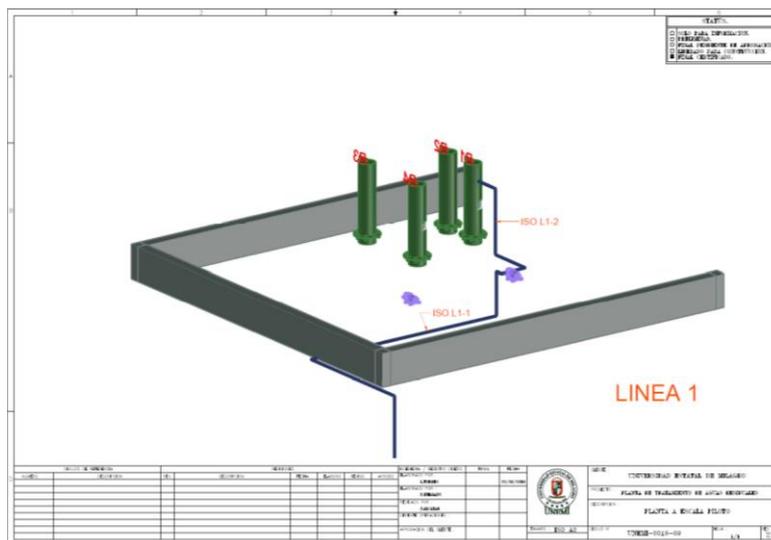
**Figura 14**  
Autores: Elaboración propia

## VISTA ISOMETRICA



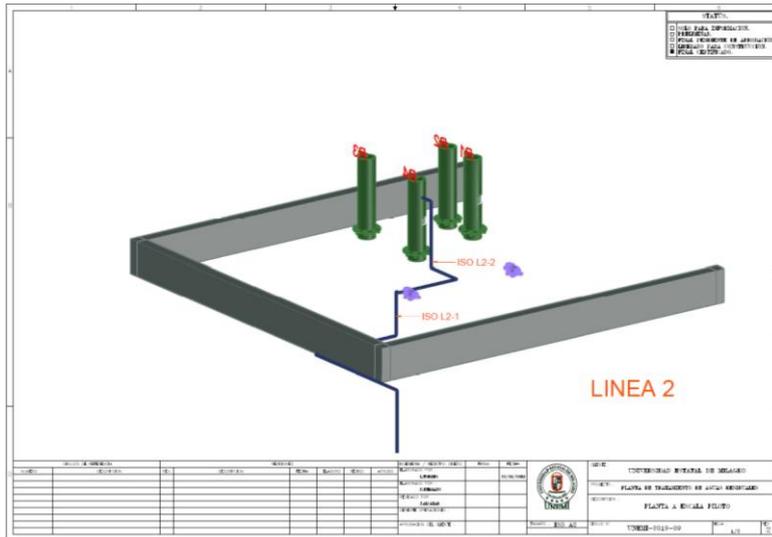
**Figura 15**  
Autores: Elaboración propia

## Planos constructivos



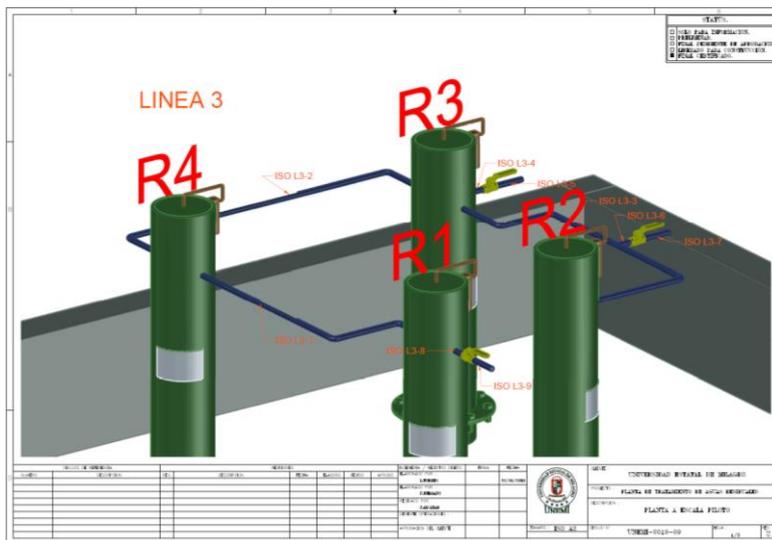
**Figura 16**  
Autores: Elaboración propia

A continuación, observamos una vista isométrica de la línea 1 de ductería, la cual consta de 2 conexiones la primera va desde la toma de agua cruda del tanque séptico hacia la entrada de la bomba P1(ISO L1-1) y la segunda va desde la salida de la bomba P1 hacia la conexión al reactor R1 (ISO L1-2).



**Figura 17**  
 Autores: *Elaboración propia*

A continuación, observamos una vista isométrica de la línea 2 de ductería, la cual consta de 2 conexiones la primera va desde la toma de agua cruda del tanque séptico hacia la entrada de la bomba P2(ISO L2-1) y la segunda va desde la salida de la bomba P2 hacia la conexión al reactor R1 (ISO L2-2).



**Figura 18**  
 Autores: *Elaboración propia*

La siguiente lámina es la representación gráfica de la línea 3 de ductería la cual consta de 9 conexiones las cuales son:

ISO L3-1 → Conexión entre reactores R1 y R4.

ISO L3-2 → Conexión entre reactores R3 y R4.

ISO L3-3 → Conexión entre reactores R2 y R3.

ISO L3-4 → Conexión entre salida de reactor R3 y válvula.

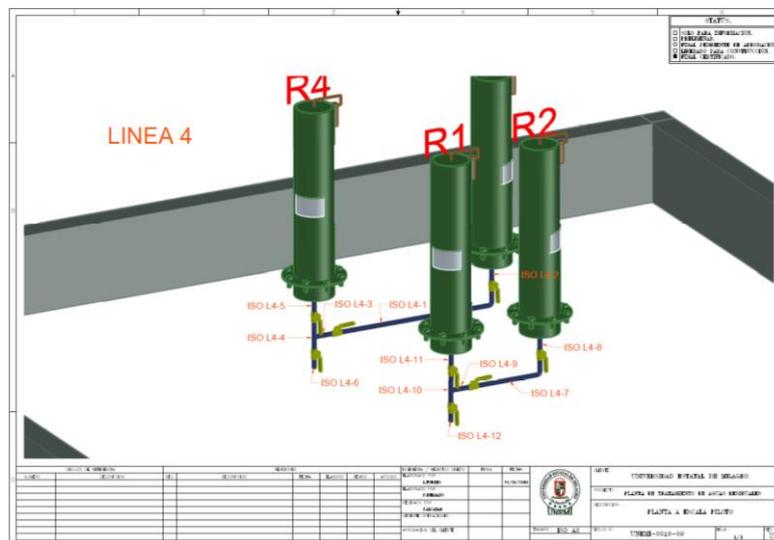
ISO L3-5 → Conexión desde salida de válvula (Toma de muestra P3).

ISO L3-6 → Bifurcación entre conexión de reactores R2 y R3 a válvula.

ISO L3-7 → Conexión desde salida de válvula (Toma de muestra P2).

ISO L3-8 → Conexión entre salida de reactor R1 y válvula.

ISO L3-9 → Conexión desde salida de válvula (Toma de muestra P1).



**Figura 19**  
Autores: Elaboración propia

Dentro de esta lámina está representada la línea 4 la cual posee 12 conexiones las cuales son:

ISO L4-1 → Conexión intermedia entre reactores R3 y R4.

ISO L4-2 → Conexión entre salida de reactor R3 y válvula.

ISO L4-3 → Bifurcación conexión de reactor R4 y válvula.

ISO L4-4 → Conexión intermedia de reactor R4.

ISO L4-5 → Conexión entre salida de reactor R4 y válvula.

ISO L4-6 → Conexión desde salida de válvula (punto de purga 1)

ISO L4-7 → Conexión intermedia entre reactores R1 y R2.

ISO L4-8 → Conexión entre salida de reactor R2 y válvula.

ISO L4-9 → Bifurcación conexión de reactor R1 y válvula.

ISO L4-10 → Conexión intermedia de reactor R1.

ISO L4-11 → Conexión entre salida de reactor R1 y válvula.

ISO L4-12 → Conexión desde salida de válvula (punto de purga 2)

### Tablas de costos

El siguiente apartado consta de dos tablas, en la primera se hace un desglose detallado de los materiales que se necesitan para la construcción de la planta de aguas residuales, en dicha tabla se hace la especificación de la cantidad que se usará, el costo por unidad y el costo total.

LISTA DE MATERIALES					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	BRIDAS DE Ø200	8	U	25,00	200,00
2	FILTROS (DIFUSORES)	4	U	10,00	40,00
3	TAPAS DE ACRILICO (100X100X10)	1	U	322,00	322,00
4	TUBO PVC (REACTOR)	1	U	53,85	53,85
5	PERNOS 1/2"x2" NC	32	U	0,60	19,20
6	TUERCAS 1/2" NC	32	U	0,17	5,44
7	TABLERO ELÉCTRICO (300X200 H=400)	1	U	30,00	30,00
8	PULSADORES DE MARCHA	2	U	14,71	29,42
9	PULSADORES DE PARO	2	U	14,71	29,42
10	BOMBA	2	U	4,00	8,00
11	VÁLVULAS DE CIERRE RÁPIDO	11	U	3,20	35,20
12	TUBERIA 2"	52	m	12,54	112,86
13	TUBERIA 1/4"	24,27	m	1,89	45,87
14	CODOS 1/4" X90 (1/2)	25	U	0,46	11,5
15	TEE 1/4"(1/2)	2	U	0,55	1,1
16	HEB (120)	0,7	m	160,20	160,20
17	PLACAS TABLERO ELÉCTRICO (350X350X3)	2	U	3,00	6,00
18	L-50X6	1,12	m	27,10	27,10
19	PLACAS SOPORTE DE BOMBAS (400X250X3)	2	U	3,00	6,00

20	PLACAS ESTRUCTURA EXTERIOR (100X130X3)	4	U	3,00	12,00
21	UPN-80	98,09	m	51,84	829,44
22	PLACAS ESTRUCTURA INTERNA (100X100X3)	9	U	3,00	27,00
23	T-30	5,52	m	11,00	11,00
24	L-30X3	11,62	m	7,53	15,06
25	PLACAS ESCALERA (250X150X3)	2	U	3,00	6,00
26	UPN-170	1,8	m	139,07	139,07
27	TECHO (5127X5070)	6	U	28,24	169,44
28	UPN-50	5,12	m	37,59	37,59
29	L-25X3	0,49	m	6,10	6,10
30	RUEDAS PUERTA	3	U	23,00	69,00
31	GRATING (2900x2910)	5	U	197,00	985,00
32	MALLA ELECTROSOLDADA	3	U	162,58	487,74
33	MANO DE OBRA	4	días	50	200,00
				TOTAL	4137,61

**Tabla 4**  
Autores: Elaboración propia

Es esta tabla se especifica el costo de la obra civil, la descripción de los materiales a usar, la cantidad, costo unitario y valor total.

COSTO OBRA CIVIL					
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	SACOS DE CEMENTO	20	U	8,00	160,00
2	LASTRE	2	m <sup>3</sup>	12,50	25,00
3	ARENA	1	m <sup>3</sup>	15,00	15,00
4	VARILLA AS42 10mm x 12m	1	U	7,58	7,58
5	TIRAS DE MADERA 0.1 MM	1	U	6,00	6,00
6	BLOQUES	180	U	0,20	36,00
7	MANO DE OBRA	4	días	50,00	200,00
				TOTAL	449,58

**Tabla 5**  
Autores: Elaboración propia

### Tabla comparativa de la eficiencia del sistema

A continuación, se presenta una tabla donde se realiza un análisis comparativo entre la tecnología actual, los valores máximos permisibles según la normativa ecuatoriana vigente y los valores a obtener con la implementación de la tecnología propuesta; donde se evalúa el

DBO, DQO, NTK y SST. Adicionalmente se detalla un factor de eficiencia del tratamiento propuesta frente al actual.

TECNOLOGIA ACTUAL	CUMPLIMIENTO DE NORMATIVA VIGENTE	TECNOLOGIA A IMPLEMENTAR	FACTOR DE EFICIENCIA
DBO = 140 mg/l	DBO= 100 mg/l	DBO= 30 mg/l	4,67
DQO= 357 mg/l	DQO= 200 mg/l	DQO= 69 mg/l	5,17
NTK= 90 mg/l	NTK= 50mg/l	NTK= 37 mg/l	2,43
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES SST= 25mg/l	SST= 130mg/l	SST= 15 mg/l	1,67

**Tabla 6**  
Autores: *Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

Luego de realizar el análisis respectivo acorde a la problemática planteada en el campus universitario, se determinó proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales a escala piloto con el objetivo de mejorar los vertidos hacia un cuerpo hídrico, en una línea de investigación que permitió generar desarrollo y seguridad en el aspecto industrial.

Para dar tratamiento a las aguas residuales, se tomaron en cuenta fundamentaciones teóricas, aplicadas en el país y también fuera del territorio nacional, esto nos ayudó a conocer las diferentes tecnologías que se aplican al tratamiento de aguas residuales, emplear la más factible según el medio.

Una vez conocidos los tipos de tecnología por medio de un análisis exhaustivo, se determinó que el filtro de lecho fijo aireado está acorde a las necesidades que demanda la institución, este fue el sistema más favorable y adecuado para el lugar donde tendrá vida útil.

Antes de poner en marcha de manera física la planta, fue necesario realizar el diseño con planos constructivos, lo que permite ver de manera detallada cada una de los pasos a seguir en forma secuencial teniendo un orden específico, esto ayudará para que en el momento de ensamblar no existan equivocaciones y que en un futuro se puedan hacer en caso de necesitarlo una reingeniería por parte del personal sin ningún inconveniente.

## **RECOMENDACIONES**

Considerando cada uno de los aspectos importantes y que pueden ayudar al crecimiento del proyecto, es fundamental tomar en cuenta las recomendaciones que se presentan a continuación:

### **Aplicación**

- Se recomienda que se haga la implementación de este diseño planteado en el presente proyecto de titulación para que exista el debido tratamiento de aguas residuales en la Universidad Estatal de Milagro.

### **Investigaciones continuas**

- Es importante que se siga haciendo una investigación constante sobre este tipo de sistemas ya que ayudan y benefician al medio ambiente.

### **Revisión de los procesos**

- Es fundamental que el personal realice una revisión periódica de los planos donde se determinan los diferentes procesos que cumple la planta de lecho fijo aireado, con el fin de constatar si la planta sigue cumpliendo las funciones para las cuales fue creada, caso contrario se proceda con una reingeniería.

### **Actualización y crecimiento**

- Es factible que el proyecto no sea solo aplicado a escala piloto, es decir a una escala reducida, sino que tenga un crecimiento a escala industrial y que pueda ser replicado en más instituciones del país.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcázar, J., & Jácome, J. (2018). Plan de investigación. *Universidad de La Coruña*, 1–10.
- Barba, L. (2002). *CONCEPTOS BÁSICOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y PARÁMETROS DE MEDICIÓN*.
- Berruga, M. (1999). *DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES DE QUESERÍA*.
- Bofill-Mas, S., Clemente-Casares, P., Albiñana-Giménez, N., De Porta, C. M. M., Gonfa, A. H., & Llop, R. G. (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. *Revista Espanola de Salud Publica*, 79(2), 253–269.
- Código orgánico del ambiente. (2017). *Código orgánico del ambiente*.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial*. 136.
- Díaz, W. (2017). *EVALUACION Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE TENA EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*.
- García, E. (1985). Aguas Residuales: Composicion. *Aguas Residuales. Composición*, 22.
- Grazia, M., Luna, R., Ortega, R., Revisi, G., Soto, J. J., & Nacional, F. (2010). *OPORTUNIDADES DE MEJORAS AMBIENTALES POR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ*. 1–37.
- Jimenez, A. (2012). *DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE CALIDAD DE LAS AGUAS*. 2(23).
- Marcela, L., & Rodríguez, E. (2015). *INDUSTRIAL UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE MEMBRANAS USING MEMBRANE TECHNOLOGY*.
- Mercedes, N., Larrea-murrell, J. A., Rojas-badía, M. M., Romeu-álvarez, B., & Heydrich-pérez, M. R. M. (2013). *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas : revisión de la literatura*.
- Muñoz, V. (2010). *Tratamiento biologico combinado con filtracion en tamices moleculares, de aguas contaminadas con hidrocarburos, adectadas por el derrame de la linea de flujo del pozo Shushuqui*. 1–246.
- Organismo de evaluación y fiscalización ambiental. (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*.

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la C. y la C. (2017). *Aguas Residuales El Recurso No Explotado*. Retrieved from [www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en](http://www.unesco.org/open-access/terms-use-ccbysa-en)
- Pardo, C. F. (n.d.). *Agua y desarrollo humano*. 12–30.
- Perez, J., & Espigares, M. (2014). *Aguas residuales Composición*.
- Portilla, A. (2018). *EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DOMÉSTICAS DE LA URBANIZACIÓN CATALUÑA DEL CANTÓN DAULE*.
- Prieto, L. (2013). *Tesis\_Lucia\_del\_Pilar\_Prieto*.
- Secretariado Alianza por el Agua. (2014). *Manual de depuración de aguas residuales urbanas*.
- Segura, L. (2007). *Estudio de los antecedentes sobre la contaminación hídrica en Colombia*.
- TULSMA. (2016). Anexo 1. *¿Nombres o Apellidos?*, pp. 333–339.  
<https://doi.org/10.4000/books.ifea.4454>
- Villacis, A. (2011). “*Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua.*”



## **ANEXOS**

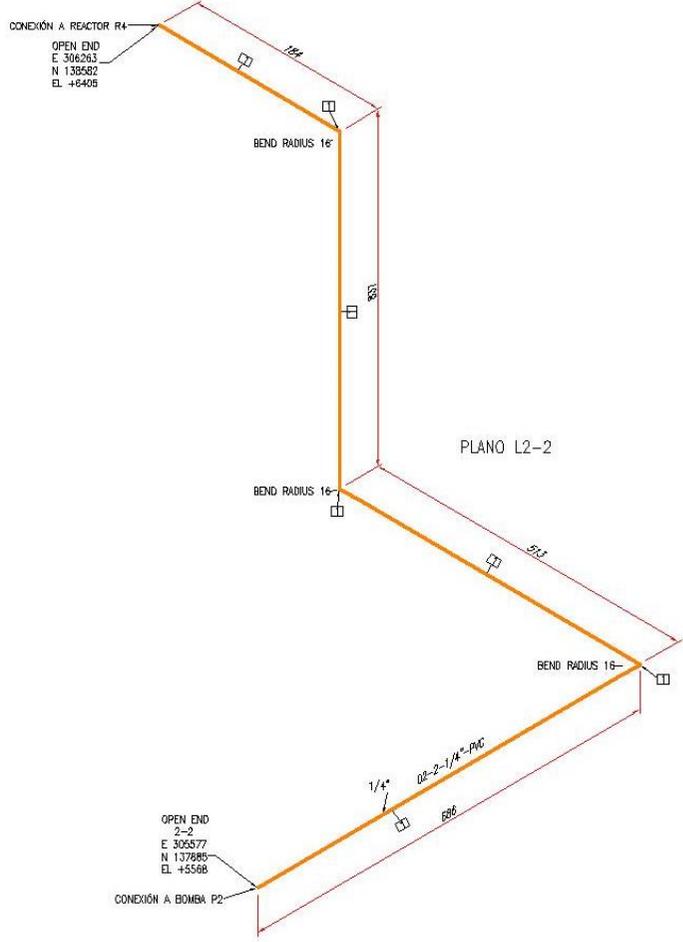
### **Anexo 1**

Isométricos de construcción









BILL OF MATERIALS

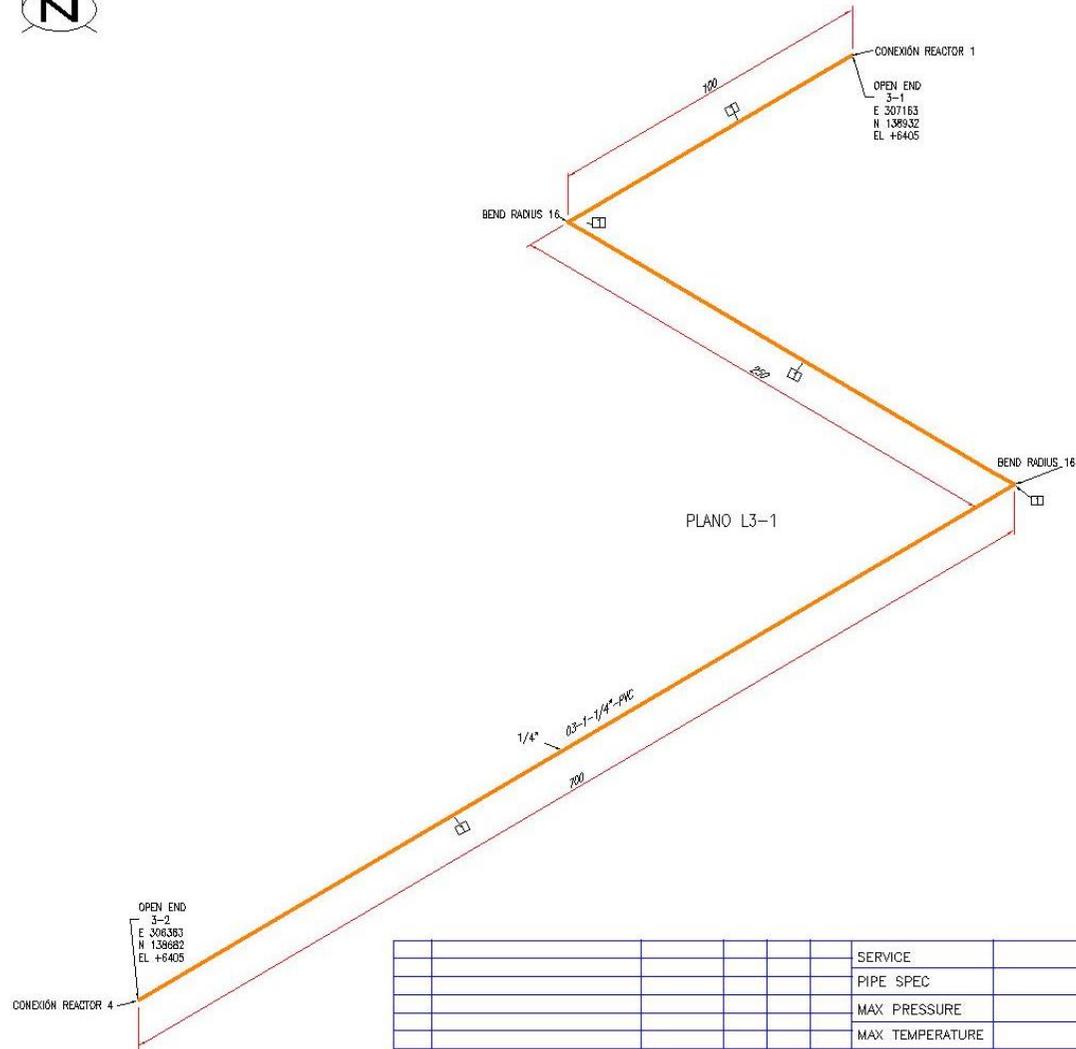
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	2.2M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK
		10/15/19	L TORRES	JALGIZAR		

SERVICE	
PIPE SPEC	
MAX PRESSURE	
MAX TEMPERATURE	
P&ID DWG	
INSULATION SPEC	

PROJECT NAME				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER				02-2			
LINE NO	02	AREA	LINE	TYPE			
JOB NUMBER		SCALE	SHEET	REV.			
		N.T.S.	2 of 2	1			

C:\Users\jap\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\Osmont\Osmont\_Cad\TuboDuctos.gxd

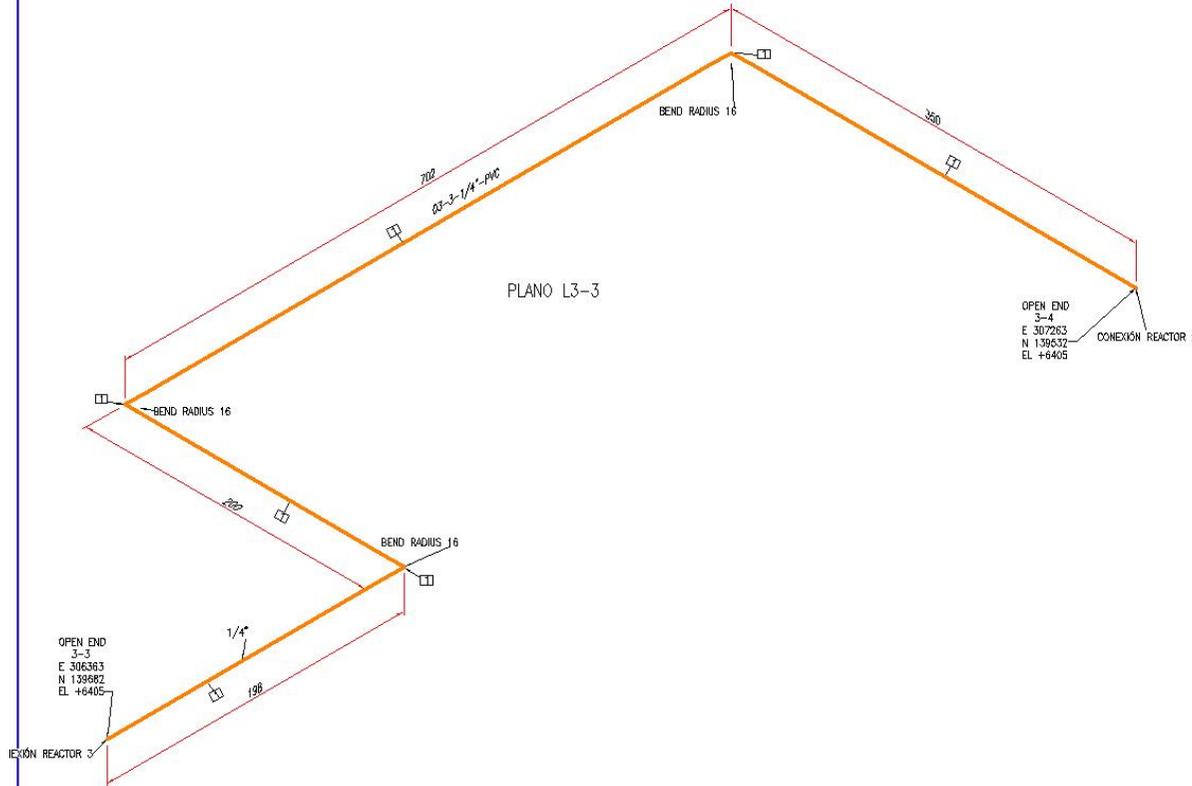


					SERVICE
					PIPE SPEC
					MAX PRESSURE
					MAX TEMPERATURE
					P&ID DWG
					INSULATION SPEC
					INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD
		10/15/19	L.TORRES	JALGAZIR	

BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	1.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
PROJECT NAME: PLANTA DE TRATAMIENTO TITLE: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO DRAWING NUMBER: 03-1 LINE NO: 03 VPI NUMBER: 03 SCALE: N.T.S. SHEET: 1 of 9 REV: 1			

C:\Users\l\_sae\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\Borradores\ac\_aj\trabador\trg05.dwg





BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	1.5M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD
		10/15/19	L.TORRES	J.JALGAZAR	

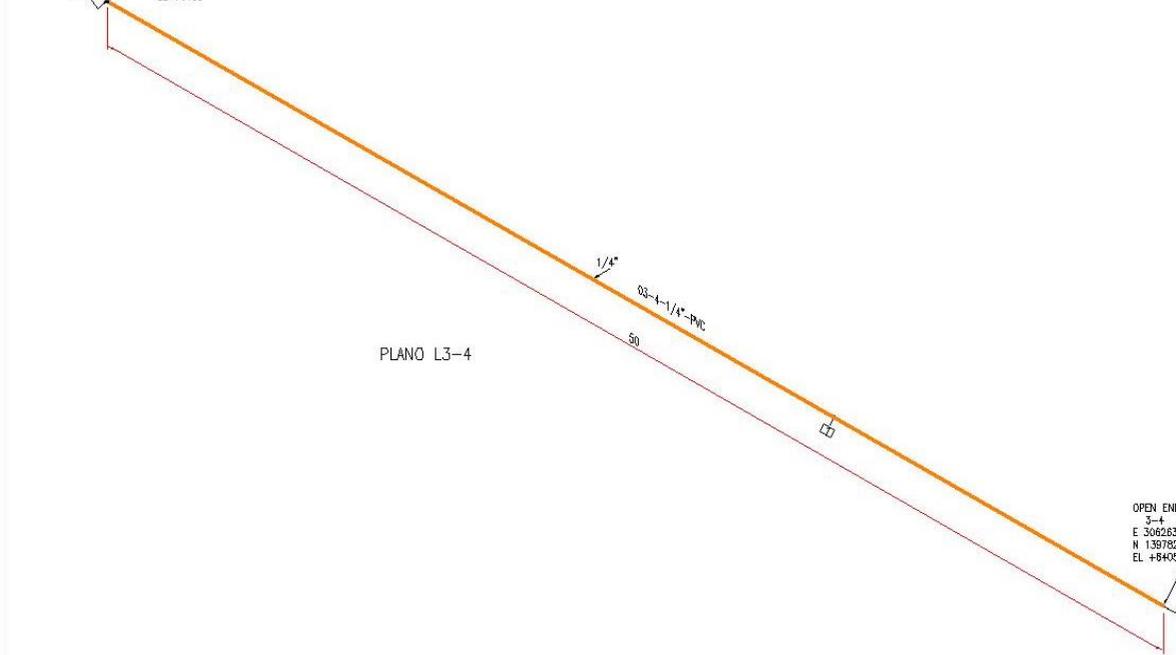
SERVICE	
PIPE SPEC	
MAX PRESSURE	
MAX TEMPERATURE	
P&ID DWG	
INSULATION SPEC	
INSULATION THK	

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				03-3			
LINE NO:	03	AREA:	UNIT:	TYPE:			
JOB NUMBER:		SCALE:	N.T.S.	SHEET:	3	OF	9
				REV:			1

C:\Users\lape\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\03-3-1\03-3-1\03-3-1.dwg



OPEN END  
3-5  
E 306263  
N 139832  
EL +8405



PLANO L3-4

OPEN END  
3-4  
E 306263  
N 139782  
EL +8405

CONEXIÓN REACTOR 3

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE	PIPE SPEC	MAX PRESSURE	MAX TEMPERATURE	P&ID DWG	INSULATION SPEC	INSULATION THK
		10/15/19	L TORRES	JALGAZIR								

PROJECT NAME				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER				03-4			
LINE NO:	03	AREA:	UNIT:	TIPO:			
JOB NUMBER:	SCALE:		SHEET:	REV:			
	N.T.S.		4	OF	9	1	

C:\Users\ap\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\0303\03-4\03-4-1.dwg



OPEN END  
3-5  
E 306263  
N 139981  
EL. +6405

TOMA DE MUESTRA P3

PLANO L3-5

1/4"  
03-5-1/4"-PVC  
100

OPEN END  
3-5  
E 306263  
N 139981  
EL. +6405

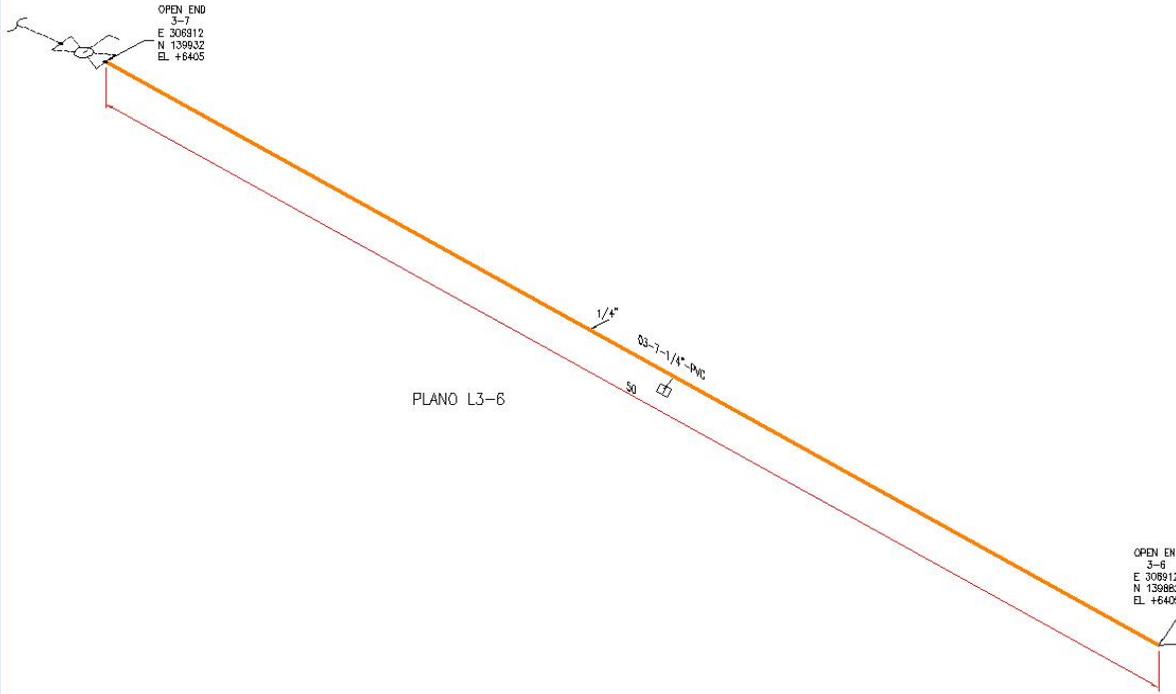
BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0,1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
2	1	1/4"	VALVULA CIERRE RAPIDO INOX

					SERVICE
					PIPE SPEC
					MAX. PRESSURE
					MAX. TEMPERATURE
					P&ID DWG
					INSULATION SPEC
		10/15/19	L.TORRES	JALGAZAR	INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				03-5			
LINE NO:	03	AREA:		UNIT:		TITLE:	
DATE NUMBER:		SCALE:	N.T.S.	SHEETS:	5	OF:	9
				REV.			1

C:\Users\j\_gallego\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\03-5-19\03-5-19-01.dwg



BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA

PLANO L3-6

OPEN END  
3-6  
E 308312  
N 1309832  
EL. +6405

BIFURCACIÓN ENTRE REACTORES 2 y 3

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE	PIPE SPEC	MAX PRESSURE	MAX TEMPERATURE	P&ID DWG	INSULATION SPEC	INSULATION THK
		10/15/19	L TORRES	JALGAZ/R								

PROMPT NAME:	PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:	03-6			
LINE NO:	03	APPD:	UNIT:	TYPE:
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEET:	REV:
		N.T.S.	6 of 12	1

C:\Users\lap\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\03-6\03-6\_L3\03-6\_L3.dwg





OPEN END  
3-8  
E 306912  
N 140081  
EL. +6405

TOMA DE MUESTRA P2

PLANO L3-7

1/4"  
03-8-1/4"-PVC  
100

OPEN END  
3-7  
E 306912  
N 139081  
EL. +6405

BILL OF MATERIALS

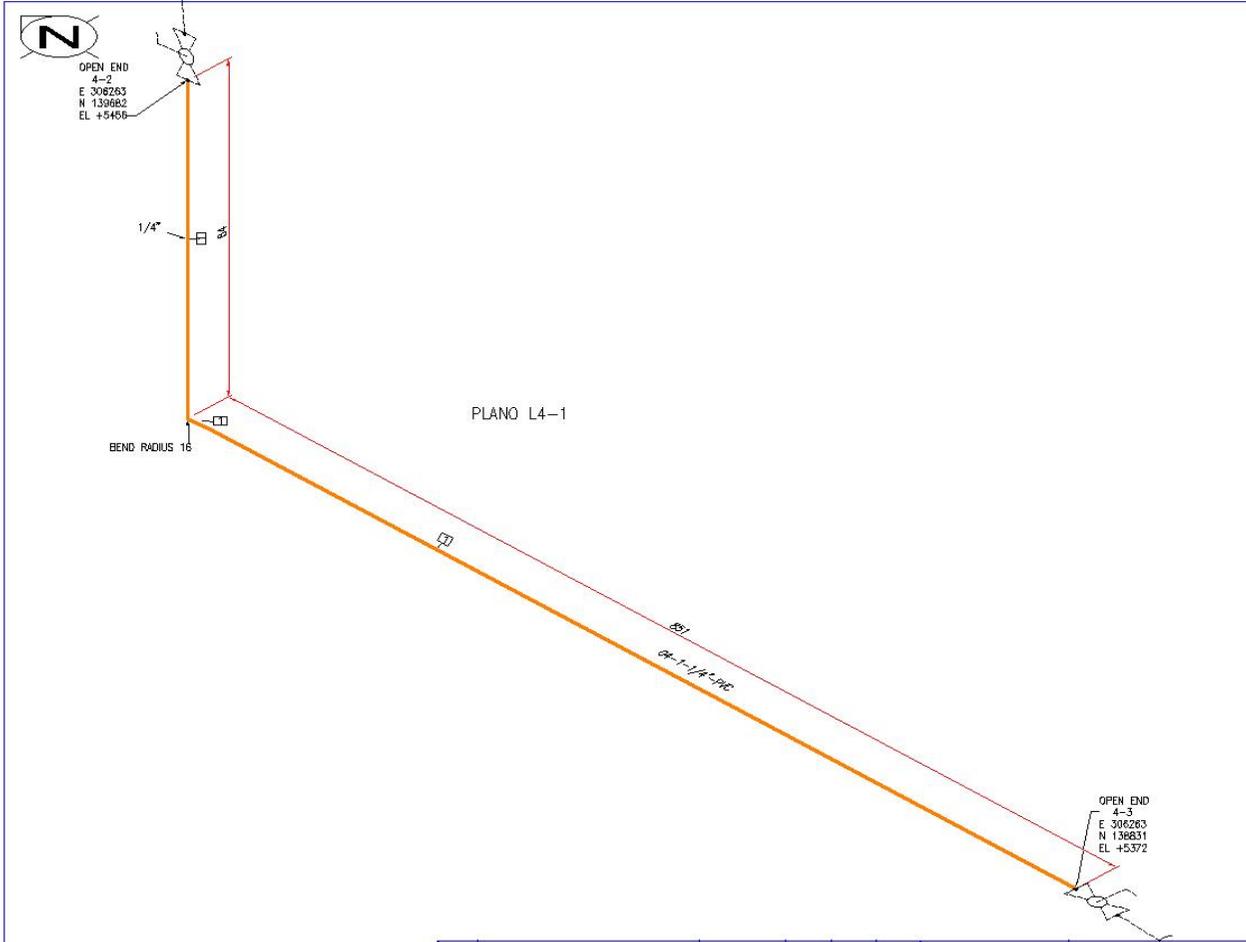
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
2	1	1/4"	VALVULA CIERRE RAPIDO INOX

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE
		10/15/19	L TORRES	JALGZAR		PIPE SPEC
						MAX PRESSURE
						MAX TEMPERATURE
						P&ID DWG
						INSULATION SPEC
						INSULATION THK

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				03-7			
LINE NO:	03	AREA:	UNIT:	TYPE:			
JOB NUMBER:				SCALE:	SHEET:	REV:	
				N.T.S.	7	of 12	1

C:\Users\jse\Documents\PLANTILLA DE TITULO\AMIENTO\Isomet\c03-sc\_caj\c03cab\dra\_03-7.dwg





BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	1.0M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA

					SERVICE
					PIPE SPEC
					MAX PRESSURE
					MAX TEMPERATURE
					P&ID DWG
					INSULATION SPEC
					INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				04-1			
LINE NO:	04	AREA:	UNIT:	TYPE:			
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEETS:	1	of	12	REV:
		N.T.S.					1

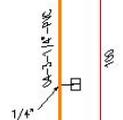
C:\Users\jap\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\04\trasmem\04\trasmem\_04\trasmem\_04.dwg



OPEN END  
4-3  
E 307283  
N 139432  
EL +5806

CONEXIÓN REACTOR 3

PLANO L4-2



OPEN END  
4-2  
E 307263  
N 139432  
EL +5505

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
2	1	1/4"	VALVULA CIERRE RAPIDO INOX

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	SERVICE
		10/15/19	L TORRES	JALGWAR		INSULATION THK
						INSULATION SPEC
						P&ID DWG
						MAX TEMPERATURE
						MAX PRESSURE
						PIPE SPEC

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				04-2			
LINE NO:	04	AREA:		UNIT:		TYPE:	
JOB NUMBER:		SCALE:	N.T.S.	SHEET:	2 of 12	REV:	1

C:\Users\carlos\Desktop\PLANTA DE TRATAMIENTO\BOM\BOM\_04-2\BOM\_04-2.dwg



OPEN END  
4-4  
E 307263  
N 139032  
EL +6372

BIFURCIÓN EN TEE

PLANO L4-3

1/4"  
04-1-1/4"-PVC  
100

OPEN END  
4-3  
E 307263  
N 138932  
EL +5372

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
2	1	1/4"	VALVULA CIERRE RAPIDO INOX

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK
		10/15/19	LITORRES	JALGAZAR		

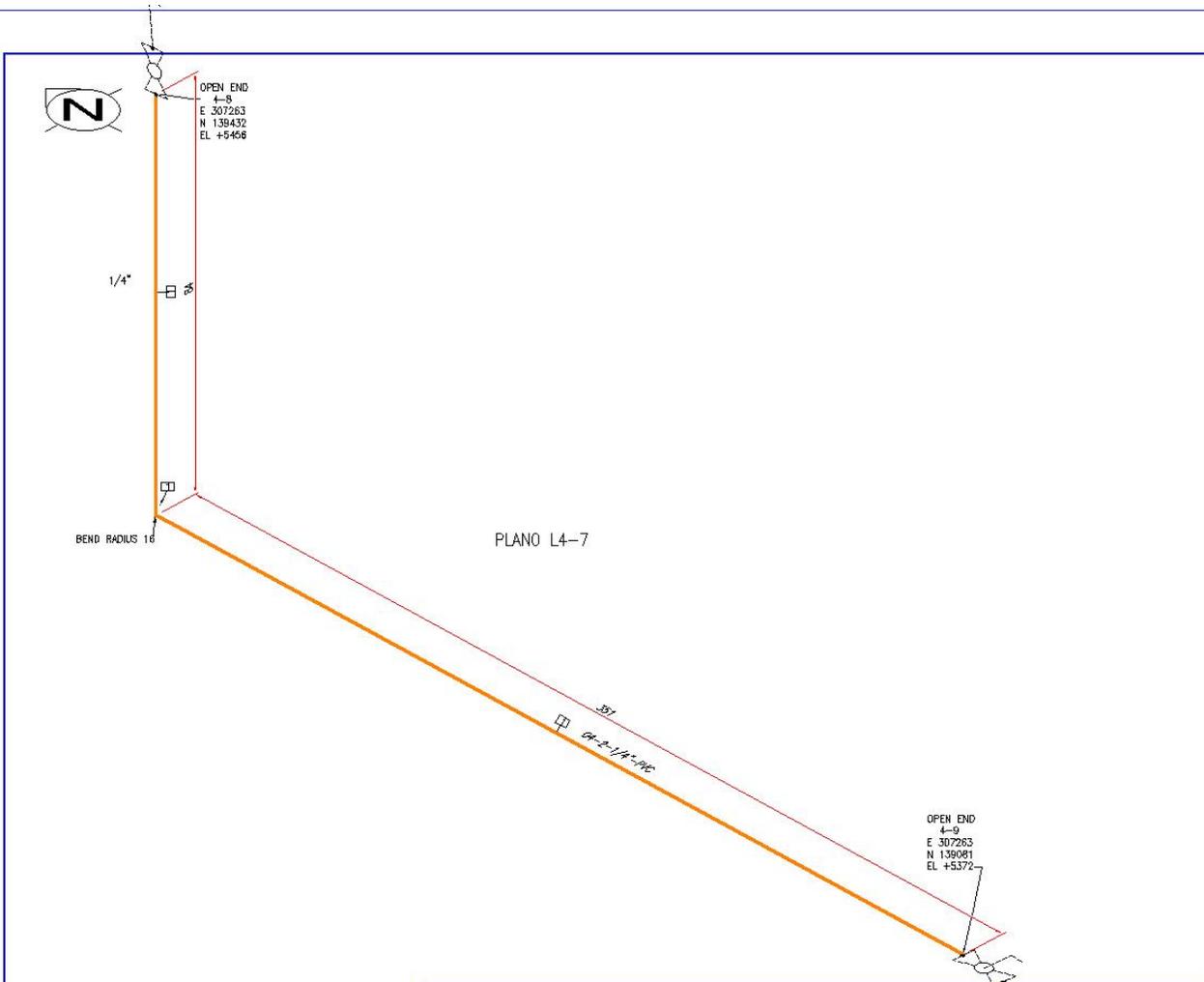
SERVICE	
PIPE SPEC	
MAX PRESSURE	
MAX TEMPERATURE	
P&ID DWG	
INSULATION SPEC	

PROJECT NAME:	PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:	04-3			
LINE NO:	04	AREA:	UNIT:	TYPE:
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEET:	REV:
		N.T.S.	3 of 12	1









BILL OF MATERIALS			
ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.5M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK
		10/15/19	LTORRES	JALCZAR		

PROJECT NAME: PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER: 04-7			
LINE NO:	04	AREA:	UNIT:
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEET: 7 of 12
			REV: 1

C:\Users\jg\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO\04\borner\c04\rec\_04\borner.dwg



OPEN END  
4-8  
E 306263  
N 138682  
EL +5605

CONEXION REACTOR 2

1/4" 30-10-1/4" - 316

NS

PLANO L4-8

OPEN END  
4-8  
E 306263  
N 138682  
EL +5505

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
2	1	1/4"	VALVULA CIERRE RAPIDO INOX

REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD	INSULATION THK
		10/15/19	L.TORRES	JALGAZIR		
						INSULATION SPEC
						P&ID DWG
						MAX TEMPERATURE
						MAX PRESSURE
						PIPE SPEC
						SERVICE

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				04-8			
LINE NO:	AREA:	UNIT:	TYPE:				
04							
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEET:	OF:	REV.		
		N.T.S.	8	12	1		

C:\Users\jag\Documents\PLANTILLA DE TRATAMIENTO\Planta de Tratamiento de Aguas Residuales a Escala Piloto.dwg



OPEN END  
4-3  
E 306263  
N 138782  
EL +5372

BIFURCIÓN EN TEE

PLANO L4-9

1/4"  
04-7-1/4"-PVC  
100

OPEN END  
4-3  
E 306263  
N 138882  
EL +5372

BILL OF MATERIALS

ID	QTY	ND	DESCRIPTION
1	0.1M	1/4"	MANGUERA CRISTAL TRENZADA
2	1	1/4"	VALVULA CIERRE RAPIDO INOX

					SERVICE
					PIPE SPEC
					MAX PRESSURE
					MAX TEMPERATURE
					P&ID DWG
					INSULATION SPEC
		10/15/19	L.TORRES	J.AUDAZAR	INSULATION THK
REV.	DESCRIPTION	DATE	DRAWN	CHKD	APPD

PROJECT NAME:				PLANTA DE TRATAMIENTO			
TITLE:				PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA PILOTO			
DRAWING NUMBER:				04-9			
LIN. NO.	04	AREA	UNIT	TYPE			
JOB NUMBER:		SCALE:	SHEET:	9	or 12	REV:	
		N.T.S.				1	

C:\Users\jse\Documents\PLANTA DE TRATAMIENTO CONSULTA\CD\rec\_43\trabaja\04-9.dwg









## Anexo 2



Reconocimiento de campo



Mediciones en sitio

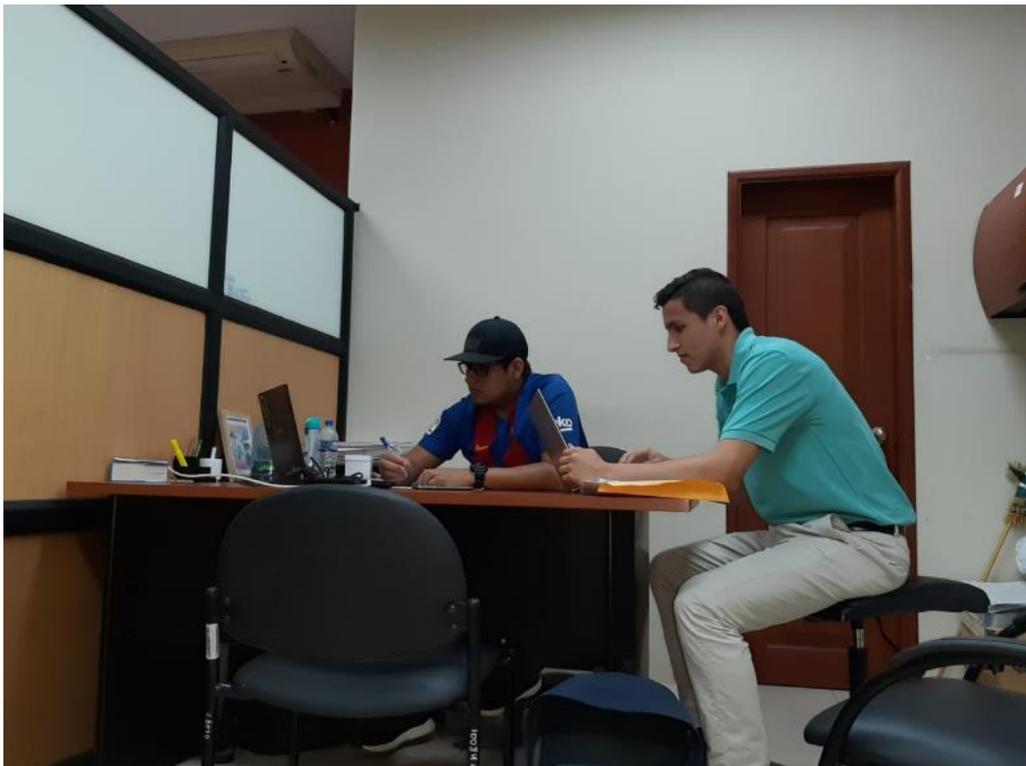


Área para implementación del proyecto

### Anexo 3



Diseño en software AutoCAD – AutoCAD Plant



Revisión de diseño



**REGISTRO DE ACOMPAÑAMIENTOS**

Inicio: 31-05-2019 Fin 31-05-2020

**FACULTAD CIENCIAS E INGENIERÍA**

**CARRERA:** INGENIERIA INDUSTRIAL 2019

**Línea de investigación:** 1S2019 UIC DESARROLLO Y ADMINISTRACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

**TEMA:** PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS A ESCALA PILOTO EN LA UNEMI

**ACOMPAÑANTE:** ALCAZAR ESPINOZA JAVIER ALEXANDER

DATOS DEL ESTUDIANTE			
N°	APELLIDOS Y NOMBRES	CÉDULA	CARRERA
1	DELGADO DELGADO DARWIN OLIVO	0940387635	INGENIERÍA INDUSTRIAL
2	TORRES COBO LEYNER EDUARDO	0941430523	INGENIERÍA INDUSTRIAL

N°	FECHA	HORA	N° HORAS	DETALLE
1	15-07-2019	Inicio: 17:00 p.m. Fin: 18:00 p.m.	2	REVISIÓN DE VARIABLES ASOCIADOS A LOS PROBLEMAS ESTABLECIDOS.
2	22-07-2019	Inicio: 17:00 p.m. Fin: 19:00 p.m.	2	REVISIÓN DE OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DEL TEMA A TRATAR.
3	29-07-2019	Inicio: 17:00 p.m. Fin: 19:00 p.m.	2	DESARROLLO DEL MARCO LÓGICO CON EL PROPÓSITO DE FUNDAMENTAR EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.
4	30-08-2019	Inicio: 15:44 p.m. Fin: 17:44 p.m.	2	REVISIÓN DE MARCO TEÓRICO Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN RELAVANTE EN BASE DE DATOS DE REVISTAS DE ALTO IMPACTO.
5	19-09-2019	Inicio: 16:00 p.m. Fin: 18:00 p.m.	2	REVISIÓN DEL CAPITULO 3 METODOLOGÍA UTILIZADA EN EL TRABAJO DE TITULACIÓN.

  
 ALCAZAR ESPINOZA JAVIER ALEXANDER  
 PROFESOR(A)

  
 BUCHELI CAPIO LUIS ANGEL  
 DIRECTOR(A)

  
 DELGADO DELGADO DARWIN OLIVO  
 ESTUDIANTE

  
 TORRES COBO LEYNER EDUARDO  
 ESTUDIANTE

Dirección: Cda. Universitaria Km. 1 1/2 vía km. 25  
 Conmutador: (04) 2715081 - 2715079 Ext. 3107  
 Telefax: (04) 2715187  
 Milagro - Guayas - Ecuador

**VISIÓN**  
 Ser una universidad de docencia e investigación.

**MISSION**  
 La UNEMI forma profesionales competentes con actitud proactiva y valores éticos, promueve investigación científica y oferta servicios que denante el sector externo, contribuyendo al desarrollo de la sociedad.

Revisión documental



# DELGADO\_DELGADO\_DARWIN\_OLIVO.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD

4%

INDICE DE SIMILITUD

3%

FUENTES DE  
INTERNET

2%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	1%
2	<b>documents.mx</b> Fuente de Internet	1%
3	<b>www.redalyc.org</b> Fuente de Internet	1%
4	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1%
5	<b>www.ipn.edu.mx</b> Fuente de Internet	<1%
6	<b>www.lamana.gob.ec</b> Fuente de Internet	<1%
7	<b>Submitted to Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador</b> Trabajo del estudiante	<1%
8	<b>Submitted to Universidad Manuela Beltrán Virtual</b> Trabajo del estudiante	<1%