

**TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE COACALCO**

**MICROSISTEMAS DE FILTRACIÓN POR
GRAVEDAD PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA EN AREAS
VERDES DEL TECNOLÓGICO DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE
COACALCO**

**INFORME TÉCNICO DE
RESIDENCIA PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERÍA CIVIL**

Sustentantes:

García Hernández Sara Rebeca

Reyes Tello Pamela Itzel

Asesor:

Arq. Obdulio Asunción Ortiz Martínez

COACALCO DE BERRIOZÁBAL, MÉX. MAYO, 2024

PRELIMINARES

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestra profunda gratitud a Dios, quien ha sido el norte de nuestro camino, brindándonos la fuerza para avanzar y permitiéndonos culminar esta etapa llena de aprendizajes y desarrollo personal y profesional. Agradecemos por las bendiciones recibidas y la sabiduría diaria que nos ha guiado para mejorar y alcanzar nuestros objetivos en esta vida.

A nuestros padres, les dedicamos un agradecimiento especial. Su influencia ha sido fundamental en nuestra formación como individuos. Agradecemos por ser el apoyo constante, por brindarnos fortaleza, amor y un esfuerzo inquebrantable a lo largo de este arduo proceso universitario. Muchos de nuestros logros se deben a la base sólida que nos proporcionaron.

A nuestra querida institución, el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, agradecemos por forjarnos y proporcionarnos las herramientas necesarias para nuestro crecimiento profesional. Esta institución ha sido un pilar fundamental en nuestra formación académica y nos ha dotado de las habilidades necesarias para enfrentar los retos laborales.

Expresamos nuestro reconocimiento a los profesores de nuestra institución, quienes día a día nos guiaron y acompañaron en nuestro proceso de aprendizaje. Queremos destacar especialmente al profesor Arq. Obdulio Asunción Ortiz Martínez y al Ing. José Antonio Vega González. Su creencia en nosotros y su apoyo incondicional nos permitieron llevar a cabo este maravilloso proyecto.

A todos quienes, de alguna manera, han contribuido a nuestro crecimiento y éxito, les agradecemos de corazón. Este logro no hubiera sido posible sin el respaldo de cada uno de ustedes. Estamos profundamente agradecidos por su generosidad, apoyo y guía en este viaje educativo y profesional.

RESÚMEN

El proyecto titulado "Microsistemas de Filtración por Gravedad para el Abastecimiento de Agua en Áreas Verdes del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco" tiene como objetivo general proponer un microsistema piloto de tratamiento de aguas residuales mediante un sistema de filtración por gravedad para el riego de áreas verdes en el edificio D de la institución.

Los objetivos específicos incluyen la investigación de diversos tratamientos de aguas residuales, la exploración de diferentes sistemas de filtración y la identificación de la demanda de agua en el edificio D. Además, se busca realizar una propuesta de sistema de filtración, proporcionando datos pertinentes para su implementación.

El proyecto se fundamentó en una exhaustiva investigación preliminar que abordó diversos aspectos cruciales para su ejecución. Se realizó un análisis detallado del consumo de agua en el edificio D, considerando factores como la población estudiantil, el gasto por unidad mueble y la normativa sanitaria del Estado de México.

Se abordaron también aspectos técnicos y logísticos esenciales, como la selección de materiales para depósitos, la identificación de plantas adecuadas y el análisis del terreno en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Un levantamiento topográfico detallado proporcionó información vital sobre las pendientes del terreno, evaluando la viabilidad de un sistema de aguas residuales por gravedad.

Este enfoque integral brindó una base sólida para la planificación y ejecución del proyecto, asegurando que cada paso estuviera respaldado por datos precisos. La recopilación detallada no solo sirvió como punto de partida, sino que también identificó desafíos y oportunidades, sentando las bases para un enfoque estratégico en la implementación del microsistema de filtración por gravedad en el edificio D del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

En las conclusiones, se destaca la importancia de contar con un sistema de tratamiento de aguas residuales en el Tecnológico debido a la alta población estudiantil y el extenso horario de funcionamiento de las instalaciones. Se propone el microsistema de filtración por gravedad como una opción eficiente para aprovechar el agua residual de los sanitarios, contribuyendo así a un entorno sustentable y armonioso en los jardines de la institución.

Se subraya que el tratamiento de aguas residuales no solo cumple con normativas oficiales, sino que también promueve el ahorro de agua potable al utilizarla en el riego de áreas verdes. Se concluye que el proyecto beneficiará a toda la comunidad educativa, mejorando las áreas verdes del Tecnológico y representando un avance significativo en términos de sostenibilidad y eficacia de los microsistemas instalados en los edificios.

ÍNDICE

PRELIMINARES	2
AGRADECIMIENTOS	2
RESÚMEN	3
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	7
INTRODUCCIÓN	7
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN	8
DESCRIPCIÓN DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO	9
JUSTIFICACIÓN	10
PROBLEMAS A RESOLVER	11
OBJETIVOS	12
ANTECEDENTES	13
<i>Ilustración 1: Cobertura del tratamiento de aguas residuales por estados en México a octubre de 2012:</i>	17
<i>Ilustración 2: Planta El Marqués, Querétaro</i>	18
CAPITULO II. MARCO TEORÍCO	19
<i>Ilustración 3: Diagrama de tratamientos de aguas residuales</i>	19
<i>Ilustración 4: Diagrama de tratamiento primario</i>	20
<i>Ilustración 5: Diagrama de tratamiento secundario</i>	21
<i>Ilustración 6: Diagrama de tratamiento terciario</i>	21
<i>Ilustración 7: Tipos de tratamiento general de aguas residuales</i>	22
<i>Ilustración 8: Esquema de línea de conducción por gravedad</i>	27
<i>Ilustración 9: Tubería según especificaciones CONAGUA</i>	31
<i>Ilustración 10: Ejemplo de humedales para el tratamiento de aguas</i>	33
<i>Ilustración 11: Procesos de depuración de humedales</i>	34
<i>Ilustración 12: Esquema de funcionamiento y elementos de un humedal artificial</i>	35
<i>Ilustración 14: Listado de especies utilizadas en humedales</i>	37
<i>Ilustración 15: Tipos de Humedales Artificiales</i>	37
<i>Ilustración 16: Tipos de Humedales Artificial</i>	40
<i>Ilustración 17: Sistema de Filtración por gravedad</i>	50
<i>Ilustración 18: Microsistema de tratamiento de agua residual</i>	52
CAPITULO III. DESARROLLO	53
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES	53

<i>FIGURA 1 Ilustración 3: Tabla de gastos de acuerdo al total de unidades mueble</i>	61
<i>Ilustración 4: tabla de valores de coeficiente k</i>	63
CAPITULO IV. RESULTADOS	78
RESULTADOS.....	78
CONCLUSIONES.....	80
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	82
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	83
ANEXOS	84

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

En el constante esfuerzo por promover prácticas sostenibles y eficientes en el uso de los recursos, el presente trabajo se enfocará en la búsqueda e implementación de un microsistema de filtración por gravedad para el edificio D del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco (TESCo). Este proyecto tiene como objetivo principal proponer e implementar la construcción de depósitos especializados que albergarán diversos medios filtrantes, como arena gruesa, arena fina, grava, plantas y carbón, para llevar a cabo un proceso eficaz de filtración del agua tratada. Esta agua tratada, una vez purificada mediante este sistema, será destinada al riego de áreas verdes en el campus del Tecnológico.

La iniciativa plantea hacer la propuesta, sin embargo, también busca la posibilidad de la implementación del sistema de filtración, contemplando el desarrollo de una red de distribución que permitirá dar un segundo uso al agua tratada, contrarrestando así el gasto desmesurado de agua potable que actualmente se destina al uso diario de sanitarios en el edificio D y, por extensión, en toda la institución. Esta propuesta no solo busca optimizar el consumo de agua, sino que también aborda la importancia de promover prácticas eco amigables y sostenibles en el ámbito universitario, sentando así las bases para un enfoque más consciente y responsable en la gestión de recursos hídricos.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN

El Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco (TESCo), fue creado en 1996 como un Organismo Público que tiene como principal objetivo el formar profesionales e investigadores con habilidades críticas y analíticas, capaces de aplicar y generar conocimientos. Se busca promover la investigación científica y tecnológica para avanzar en el conocimiento y aprovechar los recursos naturales, contribuyendo así a mejorar la calidad de vida en la comunidad. Además, se pretende participar en el desarrollo tecnológico y social, colaborando con los sectores público, privado y social. El proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza mediante actividades curriculares planificadas y ejecutadas. Además, se fomenta la promoción de la cultura nacional y universal.

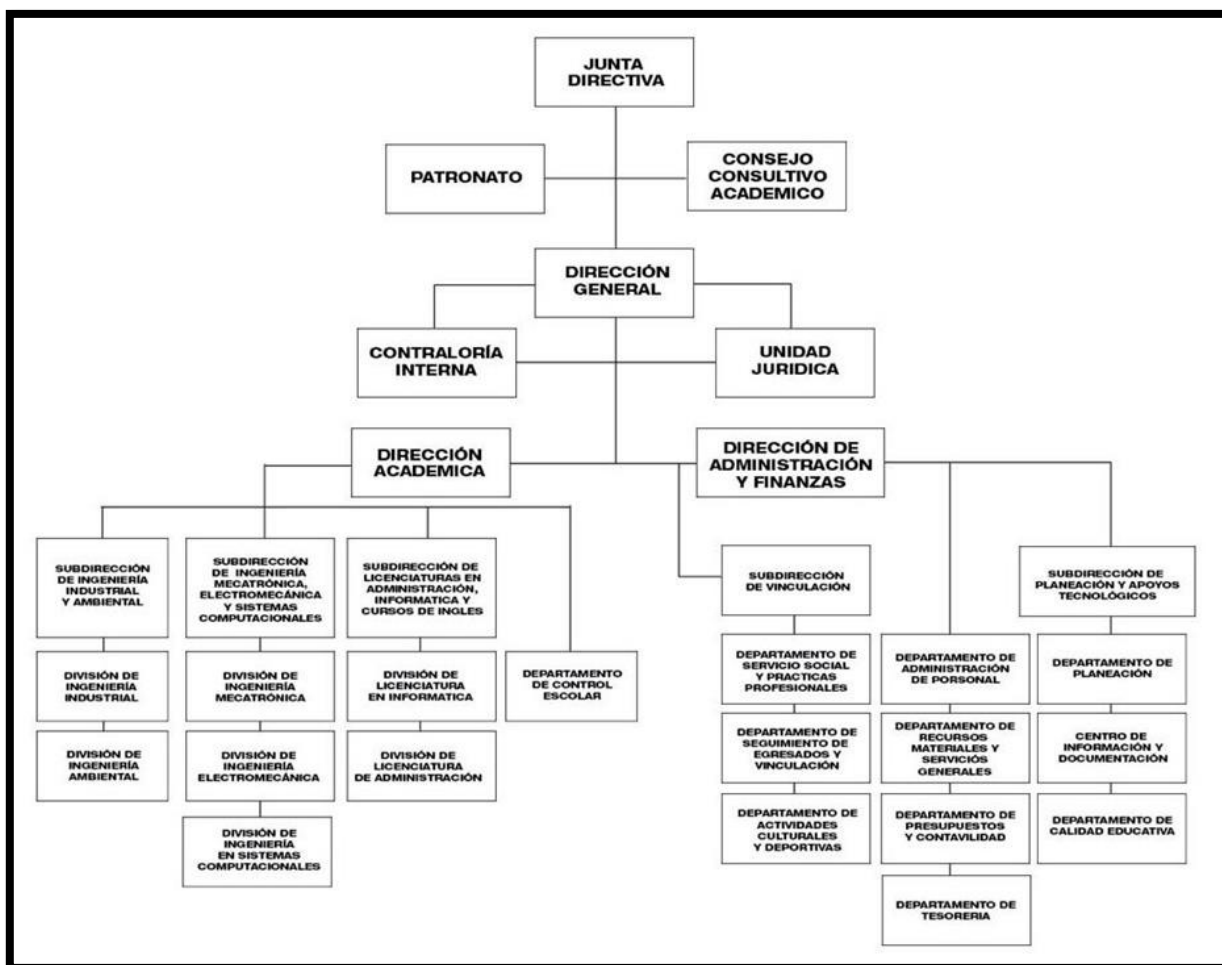
El TESCo establece valores institucionales que ayuda a orientar las acciones diarias de su personal como lo son el ser humano, en la cual la existencia de la institución se justifica en la medida en que sus resultados contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de las personas, su espíritu de servicio con el cual se espera que el personal del TESCo se distinga por su actitud profesional y su compromiso con el servicio, el personal del Tecnológico debe poseer la capacidad de liderar de manera innovadora, visionaria, participativa y comprometida y el trabajo en equipo el cual fomenta un proceso armónico en el que las actitudes multiplican los logros hacia objetivos comunes, propiciando el desarrollo de las personas. Así también se promueve una cultura compartida que motiva al personal del TESCo a transformar su forma de ser y de hacer las cosas, siguiendo los más altos estándares de servicio.

El Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos en las que se atiende a una población escolar de 491,165 estudiantes en Licenciatura y Posgrado.

El TESCo se sitúa como uno de los Tecnológicos más equipados al contar con 30 Talleres y Laboratorios, además de cuatro Edificios de Aulas, dos Unidades Académicas de Talleres y Laboratorios, Unidad de Estudios de Posgrado e Investigación, Centro de Información y Documentación, Auditorio, Cafetería, Edificio de Control Escolar, dos Explanadas, dos Estacionamientos, Campo de Fútbol, Áreas Deportivas y Áreas Verdes, Biblioteca Digital e Incubadora de Empresas.

DESCRIPCIÓN DEL PUESTO O ÁREA DE TRABAJO

El Ingeniero José Antonio Vega González se desempeña actualmente como Jefe de la División de Ingeniería Civil en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Con una destacada trayectoria profesional, el Ingeniero Vega González lidera y supervisa las actividades relacionadas con la carrera de ingeniería civil en la institución. Su sólido conocimiento en el campo y su dedicación al progreso académico lo convierten en un referente en su área. Para contactar con él, se puede hacer a través del número de teléfono 5530565500. Con su liderazgo, el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco continúa fortaleciendo su compromiso con la excelencia académica en el ámbito de la ingeniería civil.



Organigrama institucional TESCO

JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfocará en el Tratamiento de Aguas Residuales para el abastecimiento del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco mediante la implementación de un micro sistema de filtración por gravedad en el edificio D para la solución de la falta de agua en las áreas verdes del Tecnológico, utilizando el agua tratada de los sanitarios y así, reutilizar el agua gastada por alumnos del edificio del Tecnológico, teniendo así diariamente un riego efectivo y basto en las áreas verdes de nuestra universidad, cumpliendo con los estándares requeridos para su buen uso y el equipo necesario para su correcto funcionamiento.

PROBLEMAS A RESOLVER

La problemática que aborda nuestra investigación se centra en la infraestructura del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, donde identificamos la existencia de diez edificios y laboratorios para las diferentes carreras que se imparten en dicho plantel, los cuales atiende una población estudiantil de 5,500 estudiantes distribuidos entre sus licenciaturas y posgrados en ambos turnos. Estos edificios son usados prácticamente todo el día por los estudiantes de la universidad, lo que implica un gasto desmesurado de agua potable en los baños de dichas edificaciones, recordando que, según la organización del agua estima que solamente el 0.77% del agua dulce se encuentra accesible al ser humano.

Por lo que en este proyecto se plantea la posibilidad de instalar microsistemas de filtración por gravedad en cada edificio de nuestra institución y así lograr el tratamiento del agua residual proveniente de la instalación sanitaria y con ello reutilizar las aguas utilizadas en cada edificio.

Se considerará la norma de instalación hidrosanitaria, tomo II en el cuál menciona que el consumo de agua por estudiante al día en el Nivel Medio Superior y Superior es de 25l/día /s y se considerará una población de 800 alumnos distribuidos en el Edificio D en los diferentes salones existentes. Con estos microsistemas se pretende armonizar nuestra institución con el riego de los jardines localizados al frente de cada edificio y con ello darle un nuevo uso a la cantidad de agua que se utiliza diariamente en nuestra institución.

OBJETIVOS

Objetivo General:

- Proponer un microsistema piloto en el edificio D de tratamiento de aguas residuales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco mediante un sistema de filtración por gravedad para riego de áreas verdes.

Objetivo específico:

- Investigar los diversos tipos de tratamiento de aguas residuales.
- Conocer los diferentes tipos de sistemas de filtración que existen y seleccionar el mas conveniente.
- Conocer la demanda que tiene el edificio D del Tecnológico.
- Realizar propuesta de sistema de filtración anexando los datos convenientes para su implementación.

ANTECEDENTES

Antes de iniciar con el desarrollo de la investigación se dará definición y contexto del porque surge la idea inicial del tratamiento de aguas residuales en México.

El tratamiento de aguas residuales busca principalmente darles saneamiento a las descargas de agua residual, separando toda la carga orgánica que contiene y eliminando la mayor cantidad de residuos y contaminantes de manera segura, cumpliendo con la gran cantidad de Normas Mexicanas Oficiales que hacen su aporte para la regulación y manejo de las aguas residuales, para poder ofrecer un segundo uso a dichas aguas, reduciendo el gran impacto que tiene en el medio ambiente la descarga de agua residual y la contaminación de cuerpos de agua.

En el estudio realizado por María Eugenia de la Peña, Jorge Ducci y Viridiana Zamora Plascencia (2013). Titulado: *Tratamiento de aguas residuales en México*, en el cual se abordó el tema: De tratamiento de aguas residuales, el cual hizo referencia a la importancia que ha fue tomando en México el tratamiento de las descargas de agua residual, con el objetivo a largo plazo de lograr que todos los cuerpos de agua sean saneados para recuperar los caudales de estos, para poder satisfacer las necesidades de la población en constante desarrollo y que se les pueda proporcionar a calidad de vida adecuada.

A continuación, Comisión Nacional del Agua (2009). En su trabajo: *Semblanza Histórica de México*. Describe de qué manera la sociedad, particularmente la mexicana ha ido encontrando la forma de procurarse en las necesidades básicas del ser humano, como lo son el alimento, agua y abrigo, adaptándose a las necesidades y condiciones en la biodiversidad que existe en el territorio mexicano.

En este documento se habló de las variaciones que ha tenido el procurarse por el agua a lo largo del tiempo, desde las más antiguas donde se tomaba directamente de la fuente, como ríos, lagunas, lagos, etc. Hasta pasar a un método más sofisticado en donde se nos es permitido, captarla, conducirla, desde un punto lejano, hasta las viviendas, atravesando por su aprovechamiento como fuerza productora de energía, entre otra gran cantidad de formas de aprovechamiento.

Se encontró en el estudio realizado por Escalante Estrada Violeta Eréndira (2004) el cual se llama: *Reusó de agua residual en México*, como es que, en nuestro país debido al crecimiento de la población, la demanda por el uso de agua incrementa y por otro lado la disponibilidad de este recurso decrece. Es evidente que se han buscado estrategias para dar solución a este problema que año tras año va en aumento, tales como: mejorar y dar difusión a los programas para un uso eficiente de este recurso, generar nuevos programas de monitoreo, recuperación y control. Desarrollar y administrar nuevas tecnologías para el suministro eficiente del agua; generar, proporcionar, desarrollar y dar prioridad a los proyectos de saneamiento y reutilización del agua, lo que resulta en ser un factor importante para reducir la demanda, contaminación y sobreexplotación que esto genera, además de proporcionar un ambiente limpio y en armonía con su entorno.

De acuerdo con Xóchitl Germandia (2019)

“El volumen de agua renovable promedio en el país per cápita es de 451 585 hm³ /año en el año 2017³⁷, por habitante por año. Sin embargo, existen diferencias sustanciales entre el Sureste y el Norte del territorio; se observan áreas con gran escasez de agua y regiones con frecuentes eventos hidrometeorológicos que significan costosas inundaciones y afectación de asentamientos humanos e infraestructura. De acuerdo con los datos proporcionados en el Programa Nacional Hídrico 2014-2018,³⁸ se informó:

Desde diciembre de 2012 se cuenta con una infraestructura de 2,342 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales con una capacidad instalada de 140.1 m³/s. Sin embargo, sólo se tratan en promedio 99.8 m³/s, equivalente al 47.5 por ciento de los 210 m³/s de aguas residuales colectadas en los sistemas formales de alcantarillado.” (p. 23)

Se encontró en el documento *Tratamiento de aguas residuales*, elaborado por: Belzona (2010) los tipos de tratamiento de aguas residuales, los cuales se dividen en tres, el tratamiento de aguas residuales físicas, químicas y biológica.

1. Tratamiento de agua residual físico: el cual consiste la separación física, generalmente la separación de sólidos. Este método generalmente depende de las

propiedades físicas del contaminante, como la viscosidad, el tamaño de las partículas, la flotabilidad, etc. Entre ellas podemos encontrar cribado, precipitación, separación y filtración de sólidos.

2. Tratamiento de agua residual químico: Estos métodos en sí dependen de la naturaleza química del contaminante o reactivo introducido en el agua. Podemos destacar la remoción de hierro y oxígeno, remoción de fosfatos y nitratos, coagulación, procesos electroquímicos, oxidación, intercambio iónico, entre otros.
3. Tratamiento de agua residual biológico: Los procesos biológicos utilizados en este tipo de tratamiento de agua deben tener como objetivo eliminar los contaminantes coloidales. Son microorganismos que actúan sobre los sólidos en suspensión convirtiéndolos en sólidos sedimentables. Estos pueden ser procesos aeróbicos o anaeróbicos, como lodos activados, filtros bacterianos, biodegradación anaeróbica o piscinas de aireación.

Finalmente es importante mencionar que el tipo de tratamiento de agua residual que se investigara para la propuesta que se tiene para el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco será el Tratamiento de agua residual de tipo Biológico, puesto que el sistema que se desea implementar son los humedales artificiales para el manejo y tratamiento de aguas residuales de dicha instalación.

En México, el agua ha sido reconocida como un asunto estratégico y de seguridad nacional, y se ha convertido en elemento central de las actuales políticas ambientales y económicas, así como un factor clave del desarrollo social. Lograr que todos los cuerpos de agua superficiales y subterráneos del país recuperen su salud, aporten caudales para satisfacer las necesidades de la población y contribuyan al crecimiento económico y calidad de vida de la población; requiere que se mantengan limpios, sin descargas de aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas que los contaminen y afecten más allá de su capacidad natural de asimilación y dilución.

Los beneficios de contar con agua de calidad son innumerables, por esta razón, en México se ha creado un marco normativo que se encarga de regular las descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a través de las siguientes normas:

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-Semarnat-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas o bienes nacionales. Publicada el 6 de enero de 1997.
- Norma Oficial Mexicana NOM-002-Semarnat-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Publicada el 3 de junio de 1998.
- Norma Oficial Mexicana NOM-003-Semarnat-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos. Publicada el 21 de septiembre de 1998.
- Norma Oficial Mexicana NOM-004-Semarnat-2001, que establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final. Publicada el 15 de agosto de 2003.

Al inicio de cada nueva administración del Gobierno en México, se formula un Programa Nacional Hídrico alineado al Plan Nacional de Desarrollo, el Programa Nacional de Infraestructura, y demás programas que busquen la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos hídricos.

Durante el periodo 2001–2006, en relación con el tratamiento de aguas residuales, se planteó la necesidad de elevar el nivel de cobertura a fin de restaurar la calidad del agua en las corrientes y acuíferos del país. En dicho sexenio y dentro de la iniciativa de fomento a la ampliación de la cobertura y la calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se estableció como meta alcanzar el 65% de tratamiento de las aguas residuales recolectadas en las redes de alcantarillado para 2006, la cual fue un tanto ambiciosa, pues las inversiones realizadas en la materia no fueron suficientes para incrementar en más de 40 puntos porcentuales la cobertura respecto al año 2000,¹ alcanzando apenas un 36.1% para ese año.

Más adelante, en el marco de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, el Gobierno de México se comprometió a lograr una cobertura de tratamiento del 60% del volumen total de aguas residuales colectadas en los sistemas de alcantarillado del país (Ilustración 1), lo que plasmó en el Programa Nacional Hídrico 2007–2012.



Ilustración 1: Cobertura del tratamiento de aguas residuales por estados en México a octubre de 2012:

La empresa Vert Energy instaló en 2014 en el Estado de Querétaro la primera planta de tratamiento de aguas residuales única a nivel Latinoamérica con innovación tecnológica y autosustentable, que reduce costos operativos y de consumo de energía.

Esta planta de tratamiento localizada en el municipio de El Marqués (Ilustración 2), tuvo una inversión de 52 millones de pesos y representa la primera entidad del país en adoptar una innovadora tecnología para el tratamiento de aguas residuales, a través del Sistema de Reciclaje de Sólidos.



Ilustración 2: Planta El Marqués, Querétaro

El sistema de filtrado de agua permite un alto porcentaje de separación de sólidos de hasta 90% y, al mismo tiempo, la generación de celulosa y plásticos con alto contenido calórico, mismos que son utilizados como combustible para la operación de la planta.

CAPITULO II. MARCO TEORÍCO

MARCO TEÓRICO

El medio ambiente o su reutilización. Estos procesos pueden variar según la cantidad y calidad del agua a tratar, así como los objetivos específicos del tratamiento y sus diferentes etapas (Ilustración 3).

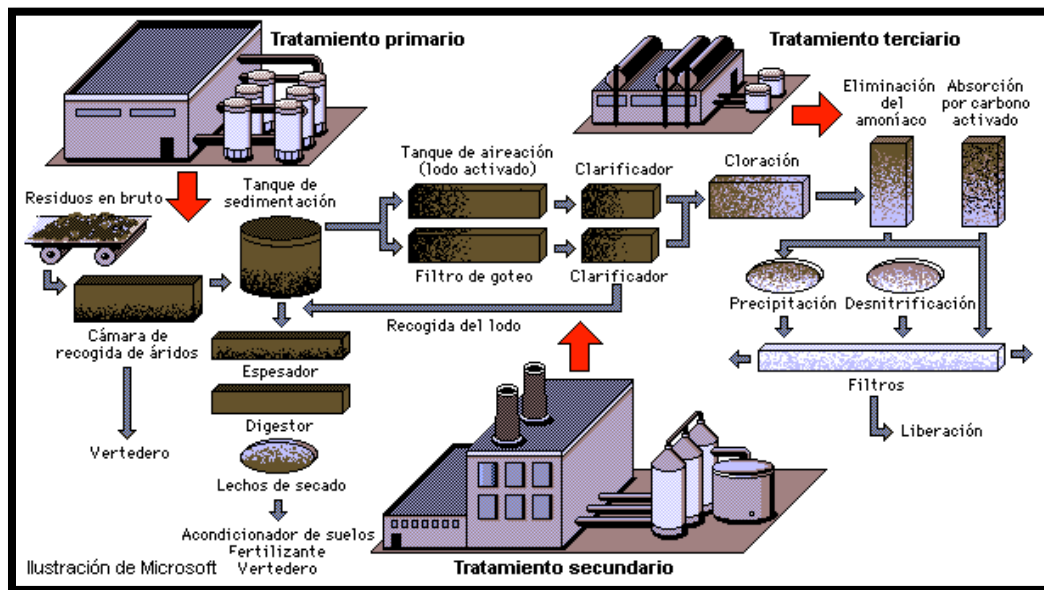


Ilustración 3: Diagrama de tratamientos de aguas residuales

Tratamiento Primario:

- **Sistemas de Filtración (Filtros y Rejas):** Utilizados para separar partículas de gran tamaño del agua residual, evitando obstrucciones en tuberías y protegiendo equipos.
- **Separadores por Gravedad:** Remueven sólidos pesados y partículas flotantes, como aceite, sin necesidad de químicos.
- **Sistemas de Flotación:** Utilizan aire o gas disuelto para separar materiales por flotación.

- Sistemas de Coagulación y Floculación (Ilustración 4): Eliminan emulsiones, dispersiones y metales pesados mediante la adición de coagulantes, floculantes o precipitantes.

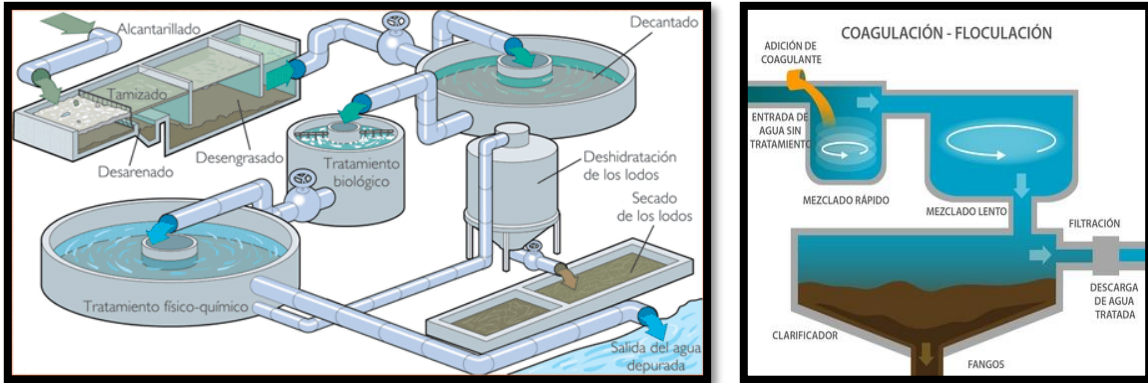


Ilustración 4: Diagrama de tratamiento primario

Tratamiento Secundario (Biológico):

- Sistemas de Tratamiento Aeróbico: Procesos biológicos controlados en condiciones aerobias (con aireación) para tratar la DQO (Demanda Química de Oxígeno), DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y SSV (Sólidos Suspendidos Volátiles).
- Sistemas de Tratamiento Anaeróbico (Ilustración 5): Procesos biológicos controlados en condiciones anaerobias (sin oxígeno) para tratar DQO, DBO y SSV.

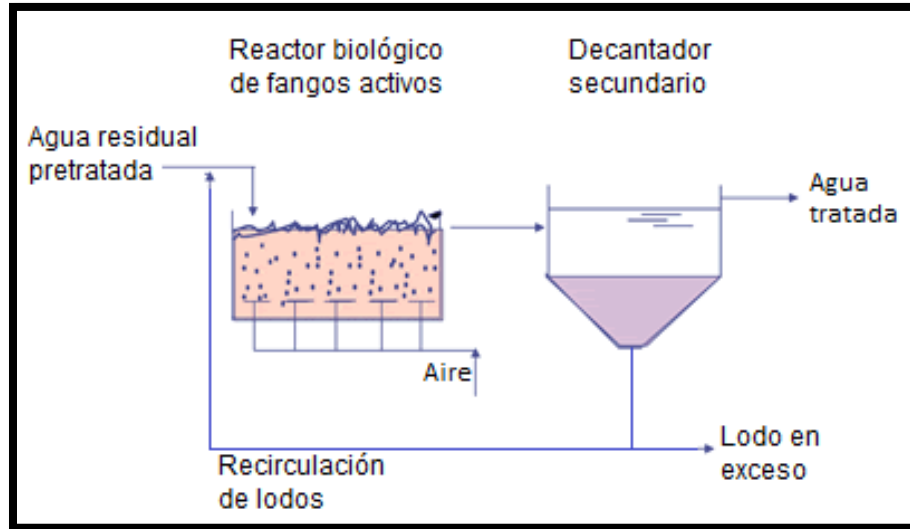


Ilustración 5: Diagrama de tratamiento secundario

Tratamiento Terciario:

Este tratamiento se utiliza para eliminar contaminantes específicos, como fósforo, nitrógeno, minerales, metales pesados, virus y compuestos orgánicos (Ilustración 6).

Puede incluir técnicas como filtración en arena, filtros de carbón activado, desinfección con cloro, luz ultravioleta u ozono, y sistemas de membranas (MF, UF, RO) o algún sistema de osmosis inversa.

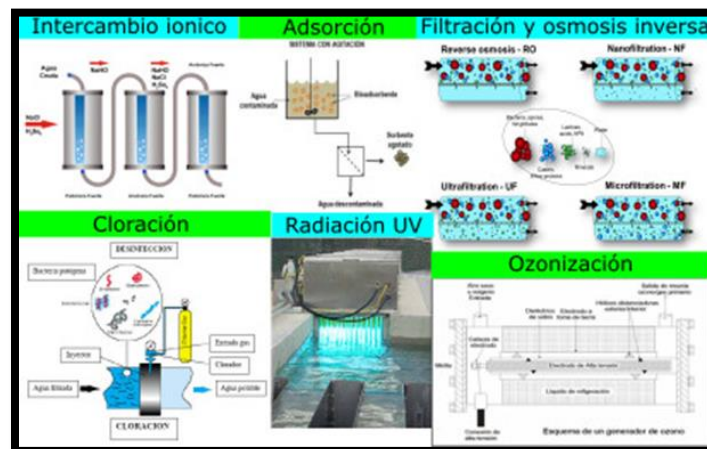


Ilustración 6: Diagrama de tratamiento terciario

Sistemas de Separación por Gravedad:

Este tipo de sistema se emplea para poder remover los sólidos sedimentables pesados y las partículas flotantes en el agua sin la adición de químicos ni energía y de esta manera tener un proceso efectivo con un menor costo y uso de recursos; por lo cual pueden usarse también para recuperar materiales valiosos y evitar la contaminación por aditivos (Ilustración 7).

El tipo de tratamiento de aguas residuales elegido depende de los objetivos específicos de purificación y las características de las aguas residuales en cuestión. Cada proceso tiene sus ventajas y desventajas, y la selección adecuada se basa en una evaluación exhaustiva de las necesidades y condiciones locales.

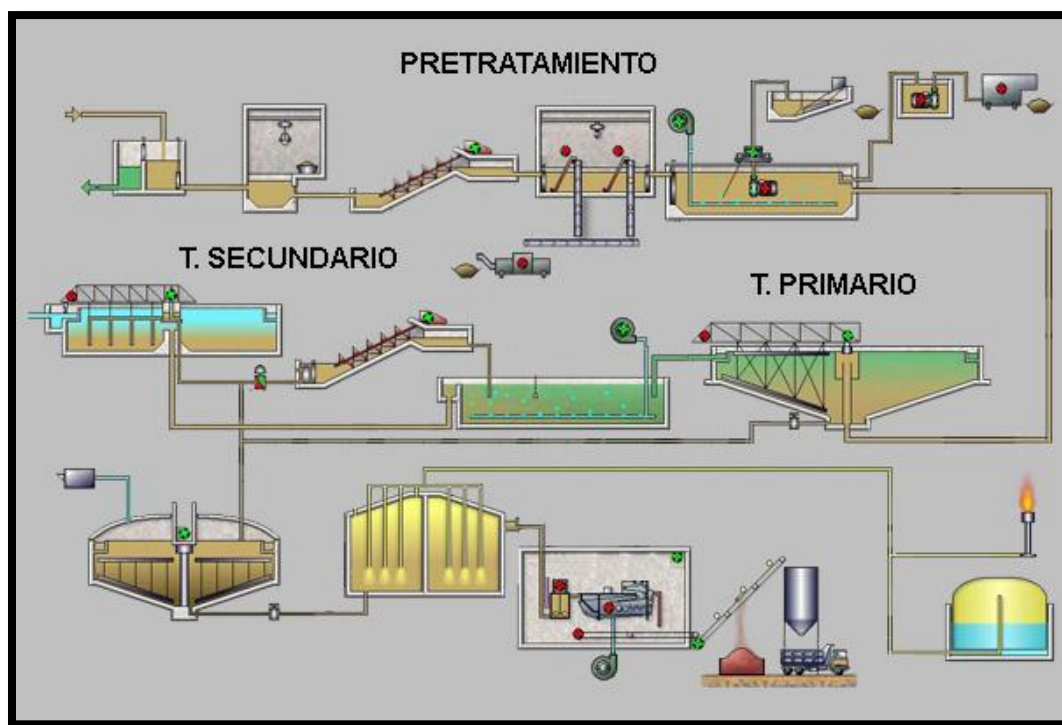


Ilustración 7: Tipos de tratamiento general de aguas residuales

Tipo de tratamiento y su descripción

Tipo de tratamiento	Descripción del objetivo y procesos básicos:
<i>Primario</i>	Este tratamiento tiene como objetivo principal eliminar la materia sedimentable y flotante, mediante decantación o un tratamiento fisicoquímico (coagulación- flotación)
<i>Secundarios</i>	Por otro lado, el sistema secundario es el encargado de la eliminación de materia orgánica disuelta o coloidal, mediante la degradación bacteriana y la decantación secundaria.
<i>Terciario</i>	El procedimiento terciario busca la eliminación de sólidos en suspensión, materia orgánica residual, nutrientes y patógenos. Mediante los siguientes procesos básicos: Floculación, filtración, eliminación de N y P y la desinfección

Tabla 1: Tipos de tratamiento de aguas

Ventajas y desventajas del sistema de separación por gravedad	
Ventajas	Desventajas
• Mínima operación y mantenimiento, lo que repercute en bajos costos. • Proporciona agua segura a la población. • No se necesitan bombas, por lo que no se necesita de energía adicional o externa para su funcionamiento. • Se puede tener un servicio constante ya que son bajas las necesidades de mantenimiento	• No siempre hay disponibilidad de fuentes de agua adecuadas que estén localizadas aguas arriba de la comunidad • Los costos de construcción son más caros que los correspondientes a pozos en la comunidad • El relieve y calidad del terreno pueden imposibilitar la colocación de tuberías

• Se puede hacer uso de fuentes de agua que estén relativamente lejos de la comunidad, debido a la facilidad de conexión con tuberías de PVC (siempre y cuando las condiciones del terreno sean adecuadas).	• El rendimiento del sistema puede verse afectado durante períodos de sequía extrema • En zonas de aguas duras se requiere de lavado de tuberías
--	---

Tabla 2: Ventajas y desventajas del sistema por gravedad

La conducción de agua por gravedad es un método eficiente y sostenible ya que este método se basa en el principio de que el agua fluye naturalmente hacia abajo debido a la gravedad, aprovechando las diferencias de elevación en el terreno, este método resulta muy eficiente para proponer una posible solución al problema de gasto desmesurado de agua potable en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, debido a que es favorable por la pendiente que indica el terreno de dicha institución. Resulta un sistema de acceso fácil y eficiente para el plantel.

La conducción de agua por gravedad se divide en dos tipos: el flujo libre y el flujo a presión. Estos sistemas se diferencian en términos de transporte del agua y cómo se regula la presión en dicho sistema.

1. Flujo Libre:

En este sistema podemos encontrar que el agua es transportada mediante canales abiertos o tuberías que no están completamente llenas. La presión en este sistema corresponde a la presión atmosférica o a la del aire circundante, y el agua está en contacto con el aire. Las características clave de los sistemas de flujo libre incluyen:

- **Canal Abierto:** Este tipo de sistema a menudo utiliza canales abiertos, como acequias, zanjales o canales de riego, donde el agua fluye libremente a lo largo de un recorrido determinado. Los canales pueden estar revestidos o ser naturales.

- **Tuberías No Completamente Llenas:** En algunos casos, se pueden utilizar tuberías que no están completamente llenas de agua, lo que permite un flujo constante y controlado. El caudal de agua en estas tuberías suele ser menor que su capacidad máxima.
- **Sistema Sencillo:** Los sistemas de flujo libre son relativamente simples y económicos de operar. No requieren reguladores de presión ni infraestructuras de control sofisticadas.
- **Bajo Mantenimiento:** Debido a su simplicidad, estos sistemas tienden a requerir poco mantenimiento en comparación con sistemas más complejos.
- **Prioridad en Comunidades Rurales:** Los sistemas de flujo libre son preferidos en muchas comunidades rurales debido a su simplicidad y asequibilidad.

2. Flujo a Presión:

En el sistema de flujo a presión, las tuberías están completamente llenas de agua, lo que crea una presión igual o superior a la presión atmosférica. Este tipo de sistema requiere regulación de la presión y el flujo a través de válvulas y cámaras rompe carga. Algunas características importantes de los sistemas de flujo a presión son las siguientes:

- **Tuberías Completamente Llenas:** En estos sistemas, las tuberías están diseñadas para mantenerse completamente llenas de agua en todo momento. Esto crea una presión constante en el sistema.
- **Regulación de Presión:** Se utilizan válvulas y cámaras rompe carga para regular tanto la presión como el flujo de agua en el sistema. Esto permite controlar el suministro de agua de manera más precisa.

- **Mayor Complejidad:** Los sistemas de flujo a presión son más complejos que los de flujo libre debido a la necesidad de reguladores y sistemas de control.
- **Usos Específicos:** Estos sistemas se utilizan en situaciones donde se requiere una presión constante y un control preciso del flujo, como en sistemas de abastecimiento de agua potable en áreas urbanas.

En resumen, la elección entre un sistema de flujo libre y uno de flujo a presión depende de las necesidades específicas del proyecto y de las condiciones locales. Los sistemas de flujo libre son más simples y adecuados para áreas rurales con recursos limitados, mientras que los sistemas de flujo a presión son más apropiados para aplicaciones que requieren un mayor control de la presión y el flujo de agua.

Sistema de conducción por gravedad (consideraciones de tubería).

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la obra de captación o tanque de compensación es mayor a la altura piezométrica requerida o existente en el punto de entrega del agua (Ilustración 8), el transporte del fluido se logra por la diferencia de energías disponible. Normalmente la conducción se realiza por medio de tuberías a presión.

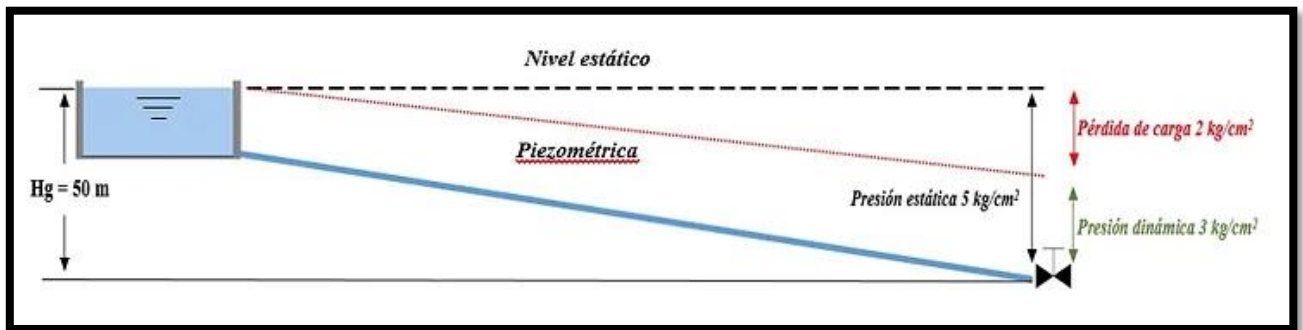


Ilustración 8: Esquema de línea de conducción por gravedad

En el diseño de tuberías, la principal consideración es la pérdida de presión. Estas pérdidas se pueden dividir en dos categorías: pérdidas mayores, también conocidas como pérdidas de fricción, y pérdidas menores o localizadas.

El diseño de las líneas de conducción de agua implica definir el diámetro de las tuberías en función de las pérdidas de carga, basándose en el caudal que se transportará y el material de las tuberías. Para calcular las pérdidas de carga, se aplican ecuaciones como las de Darcy-Weisbach, Scobey, Manning o Hazen-Williams. En este proyecto se utilizará la ecuación de Hazen Williams.

La ecuación de Hazen Williams está dada por:

$$hf = 10.67 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * \left(\frac{L}{D^{4.87}}\right)$$

Q= Caudal calculado

C=Coeficiente del material utilizado

L=Longitud

D= Diámetro

Las tuberías pueden operar bajo dos condiciones: mediante bombeo o por gravedad. En el caso de las tuberías que funcionan bajo la presión de la gravedad, se pueden presentar dos situaciones:

1. Cuando la diferencia de alturas es mínima y proporciona una presión suficiente para el funcionamiento, el objetivo es conservar la energía mediante el uso de tuberías de gran diámetro para minimizar las pérdidas de fricción y evitar la necesidad de bombas adicionales.
2. Cuando la diferencia de altura proporciona una presión mayor de la necesaria, se busca reducir la presión utilizando tuberías de diámetro más pequeño.

Para el diseño de una línea de conducción, es necesario recopilar datos generales:

Como:

- La ubicación de las fuentes de abastecimiento y las salidas
- El clima
- Los medios de comunicación
- Los usos previstos para el agua

Y requerimos de:

- Un plano topográfico que muestre las plantas y elevaciones
- Selección de la ruta sobre la cual se trazará la línea, considerando cotas y distancias
- Posibles afectaciones al derecho de vía propuesto.

Componentes de una línea de conducción

El diseño de una línea de conducción aparentemente se centra en el dimensionamiento de los tramos de tubería, pero este artículo destaca que la línea de conducción incluye componentes igualmente importantes además de las tuberías. Estos componentes se detallan a continuación:

<i>Tuberías</i>	<i>Accesorios</i>	<i>Válvulas</i>
El diseño de las tuberías implica encontrar el diámetro más económico	En líneas de conducción se utilizan una serie de accesorios, en función del	Las válvulas desempeñan un papel fundamental en la operación y el

que asegure el caudal de diseño con el menor costo total. Además, se selecciona el tipo de material teniendo en cuenta las condiciones topográficas y las posibles amenazas. Para sistemas de agua potable, existen tuberías fabricadas en diversos materiales, como acero, fibrocemento, concreto presforzado, cloruro de polivinilo (PVC), hierro dúctil, polietileno de alta densidad, poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) y fierro galvanizado, entre otros. Una vez seleccionado el material, se determina el espesor de la tubería en función de la presión de trabajo requerida, incluyendo sobrepresiones causadas por transitorios.	material de la tubería y las condiciones del entorno por donde pasa la tubería. Entre los accesorios que más se utilizan figuran los siguientes: juntas, carretes, extremidades, tees, cruces, codos, reducciones, coples, tapones y tapas. Se debe tener en cuenta que un exceso de accesorios en la línea de conducción podría generar pérdidas locales por encima del 5% de pérdidas por fricción de las tuberías, por lo que se aconseja utilizar los accesorios estrictamente necesarios.	mantenimiento de una línea de conducción. La falta de válvulas puede causar daños graves y disfunciones en la línea. Por lo tanto, es crucial comprender su funcionamiento y los criterios de diseño para su colocación adecuada. Entre las válvulas más importantes se incluyen: Válvulas de aire: Se utilizan para liberar el aire acumulado en la línea de conducción y evitar problemas de cavitación y golpe de ariete. Válvulas check (de no retorno): Permiten que el flujo de fluido se mueva en una sola dirección, evitando el retroceso del fluido. Válvulas de seccionamiento: También conocidas como válvulas de pase, incluyen tipos como compuertas, mariposas y esferas, y se utilizan para controlar y regular el flujo en la línea.
--	---	--

		Válvulas de limpieza: Aunque no son válvulas en sí, sino un conjunto de accesorios y válvulas de seccionamiento, permiten purgar la línea de conducción para eliminar sedimentos en los puntos más bajos de la misma.
--	--	---

Tabla 3: Componentes de una línea de conducción

Consideraciones de Diseño

Consideraciones de diseño			
El caudal de agua que se transporta, que asegura las cantidades adecuadas de provisión de agua	Las características topográficas del lugar, pasos por quebradas, el recorrido previsto de la conducción, para contabilizar las obras complementarias y accesorios necesarios	La distancia entre los distintos puntos del sistema para saber el metraje de tuberías o los metros de canales que se necesitarán en la construcción	Las pendientes o las diferencias de alturas entre los puntos del sistema, porque de ellas dependerá la velocidad que lleve el agua durante el recorrido

Tabla 4: Consideraciones del diseño de un sistema por gravedad

Finalizada esta etapa de la búsqueda de datos, entonces hay que, por un lado, calcular el diámetro y seleccionar el material de la tubería y, por otro, determinar las obras complementarias y los accesorios que se requieren. Estos accesorios son las diferentes piezas que van incorporadas a las tuberías y sirven para unir las, aumentar o disminuir el diámetro, regular flujo y presiones, etc. y entre las que se pueden nombrar: conexiones roscadas, codos, conexiones en T, bridas, flotantes, válvulas, uniones, entre otros (GARCÍA 2013).

Un punto importante para tomar en cuenta es la velocidad de flujo, para la que se recomiendan no sobrepasar unos valores mínimos de 0.30 m/s, para evitar la sedimentación de las partículas que arrastra el agua, y unos valores máximos de 3 a 5 m/s para no generar erosión en las paredes de las tuberías. No obstante, en la práctica se tiende a no llegar a dichos valores siendo los valores mínimos de 0.5 m/s y los máximos de entre 2.1 y 2.5 m/s, aunque en casos donde hay grandes desniveles se permiten velocidades máximas de hasta 3 m/s (CONAGUA, s.f.).

Las tuberías pueden ser de diferentes materiales (Ilustración 9) como acero, concreto, cloruro de polivinilo (PVC), hierro galvanizado, poliéster reforzado con fibra de vidrio, entre (CONAGUA, s.f.). El diámetro mínimo para la línea de conducción debe ser de 2 pulgadas.



Ilustración 9: Tubería según especificaciones CONAGUA

Operación y mantenimiento

Es de suma importancia realizar el mantenimiento adecuado para evitar que se produzca casos de contaminación y se requiere que de forma periódica se revisen las instalaciones en busca de grietas o desperfectos que puedan ser causantes de fallas en el sistema de la instalación. Por otro lado, es recomendable mantener limpios los alrededores.

- Mantener el área adyacente a la tubería despejada para facilitar su inspección.
- Frecuentemente, recorrer la extensión de las tuberías para verificar su estado y detectar si hay riesgos de inestabilidad del terreno.

- Evitar la exposición al sol de las tuberías, sobre todo si son de plástico o polietileno, porque daña su superficie, afecta su flexibilidad y las hace menos resistentes. Se recomienda cubrir la tubería siempre con al menos 60 cm de tierra por encima del lomo de la tubería.
- Detectar fugas, filtraciones y roturas y repararlas de inmediato. Las fugas pueden producir exceso de humedad en el suelo, provocando derrumbes o asentamientos del terreno alrededor de la tubería.
- Revisar periódicamente que las válvulas para aire o ventosas funcionen correctamente, es decir que expulsen el aire contenido en las tuberías. La válvula de conexión entre la tubería de conducción y la ventosa debe permanecer siempre abierta.
- Verificar que el chorro en la cámara o tanque rompe presión esté sumergido.
- Revisar periódicamente el funcionamiento de las válvulas y lubricarlas.
- Detectar y eliminar conexiones no autorizadas.

Humedales para el tratamiento de aguas residuales

Los humedales artificiales son sistemas que utilizan los recursos de la naturaleza para limpiar residuos del agua. Este sistema básicamente consiste en un terreno sobre el cual se coloca un material impermeable para evitar que el líquido se filtre en el subsuelo. Sobre esta se pone una mezcla de sustrato formada por arena, grava, piedra y otros componentes. Finalmente se utilizan plantas acuáticas que flotan sobre el agua (Ilustración 10).

Tanto el sustrato como dicha flora absorben las partículas contaminantes, que utilizan como nutrientes. De esta forma, el agua sale más limpia para reusarse en alguna actividad o para integrarla a un cuerpo de agua.

El tamaño del humedal dependerá de la cantidad de casas o industrias a las que servirá. Asimismo, las plantas y el sustrato se adaptan según los materiales de suciedad que el líquido posea.

El humedal depura el agua mediante dos mecanismos.

1. El sustrato es el elemento físico que funciona como filtro donde la materia orgánica y los sólidos quedan retenidos.

2. El agua pasa al proceso biológico en el que los microorganismos absorben los nutrientes del líquido, los cuales en altas concentraciones contaminan.

En caso de que la cantidad de partículas contaminantes en el agua sea muy alta, se necesitaría un primer tratamiento para remover los sólidos antes de pasar al humedal.

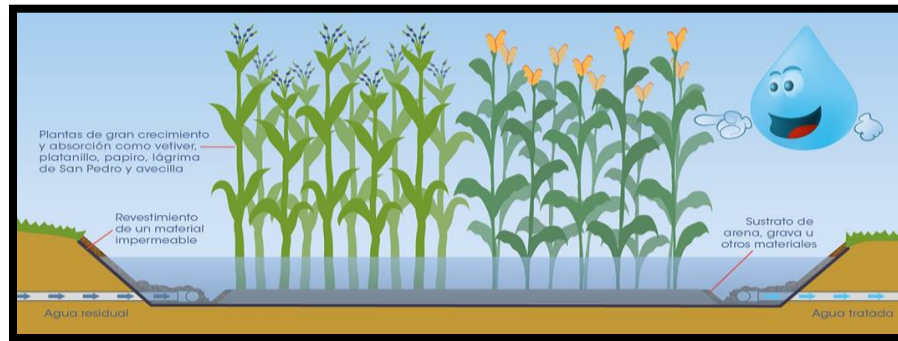


Ilustración 10: Ejemplo de humedales para el tratamiento de aguas

Mecanismos de depuración en humedales

Como ya se mencionó, un humedal, es un ecosistema cuyos constituyentes bióticos y abióticos interactúan entre ellos para llevar a cabo la depuración de aguas residuales y/o el agua sucia (contaminada) generada de forma natural por el ambiente. Los constituyentes bióticos son los microorganismos y las plantas acuáticas (Ilustración 11); sin estas últimas, el lugar no sería propiamente un humedal; los constituyentes abióticos son el agua (factores hidrológicos), el suelo (sustrato) y clima (temperaturas máximas y mínimas; la luz del sol, los vientos).

Los humedales naturales soportan una gran diversidad de microorganismos, los cuales ayudan en la degradación de la materia orgánica y crecen en forma de película sobre las partes sumergidas de las plantas acuáticas.

En los humedales la velocidad del agua es baja, lo cual aumenta la remoción cuando se sedimentan los sólidos suspendidos. Así mismo, al degradarse la materia orgánica son liberados al ambiente amoníaco, nitratos y fosfatos, los cuales son tomados por la vegetación del lugar, de acuerdo con el potencial de adsorción/filtración de cada especie vegetal, apoyando con esto la depuración del agua; además la presencia de las plantas modifica fuerzas climáticas como el viento, la luz del sol y la temperatura.

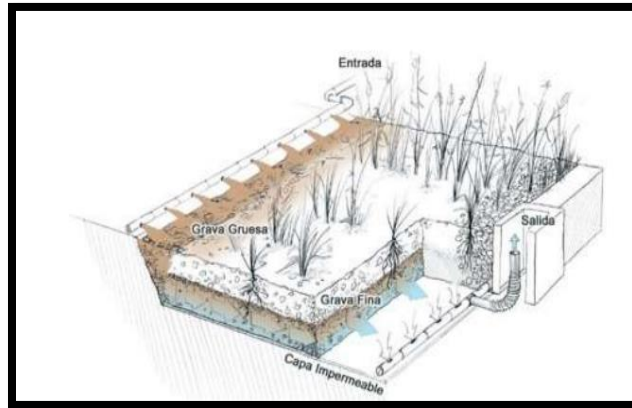


Ilustración 12: Esquema de funcionamiento y elementos de un humedal artificial

Los humedales se clasifican de acuerdo con el tipo de plantas presentes y con la hidráulica del sistema (Ilustración 13-14). Los esquemas de clasificación para plantas acuáticas están basados en sus características morfológicas y fisiológicas, se dividen en formas enraizadas y flotantes.

Tipos de plantas para humedales (enraizadas)	
Plantas emergentes	Este tipo de plantas con sus hojas largas erguidas, tienen una gran capacidad de fotosíntesis y crecimiento. Las especies emergentes más comunes son: tule (<i>Typhia</i> sp), juncos (<i>Scirup</i> sp) y carrizos (<i>Phragmites</i> sp).
Plantas flotantes	La productividad de las plantas flotantes enraizadas y las plantas flotantes libres es tan alta o mayor que la de las emergentes, y tiene la ventaja de que mientras éstas tienen menos tejidos respiratorios, poseen la habilidad de utilizar dióxido de carbono CO ₂ foto-respirado, almacenado en los espacios llenos de aire; las más usadas en la construcción de humedales son: lirio acuático (<i>Eichhornia crassipes</i>), ombligo de Venus (<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>), y plantas de los géneros: <i>Spirodela</i> , <i>Lemna</i> , <i>Wolffia</i> .
Plantas sumergidas	Muestran menor velocidad de productividad que los otros dos tipos, esto es debido a que,

	bajo el agua, la intensidad de la luz y la difusión del CO₂ son menores. Por otra parte, las plantas sumergidas pueden usar CO₂ de otras fuentes tales como los carbonatos, del CO₂ liberado por la actividad anaerobia de los sedimentos o a través del proceso de re-fijación del CO₂ del ciclo del carbono; algunas de las especies usadas en humedales construidos son: <i>Myriophyllum aquaticum</i>, <i>Elodea canadiensis</i>, y <i>Potamogeton crispus</i>.
--	--

Tabla 5: Tipos de plantas para humedales

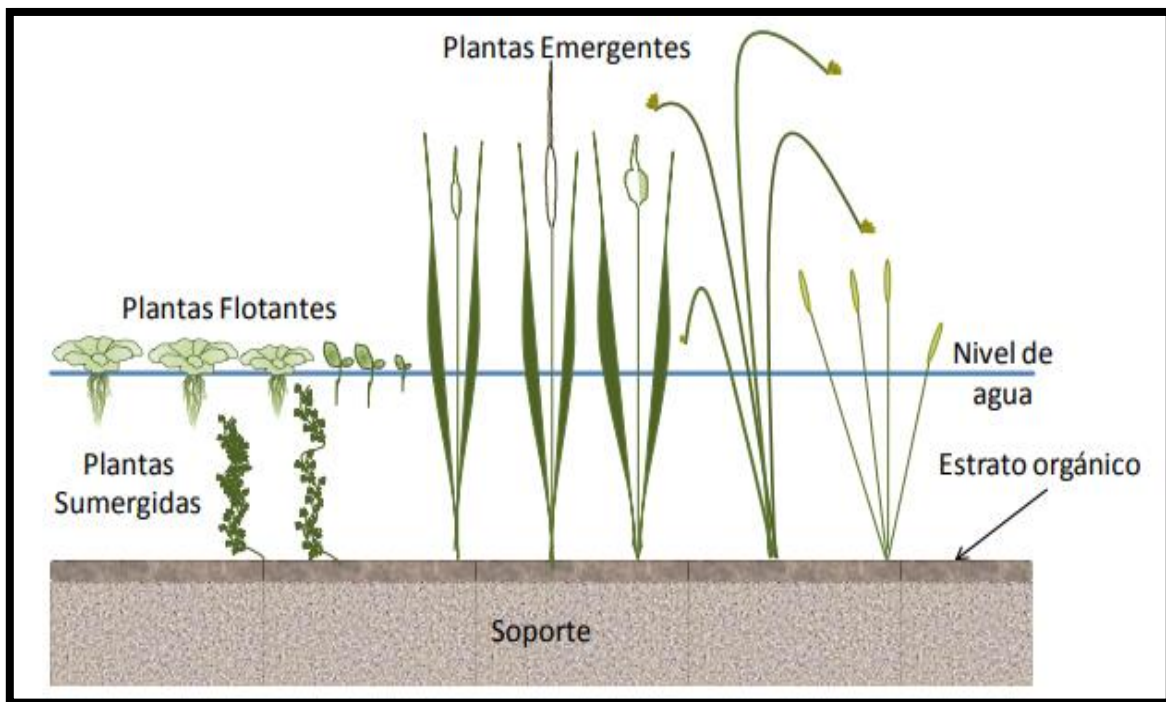


Ilustración 13: Tipos de plantas acuáticas

En los humedales de flujo subsuperficiales		
Nombre científico	Nombre común	Función
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	Depuradora
<i>Equisetum hyemale</i>	Cola de caballo, arricillo y cañuela	Ornato
<i>Cyperus papyrus</i>	Papiro	Depuradora
En el humedal de flujo superficial		
Hidrófitas enraizadas emergentes		
Nombre científico	Nombre común	Función
<i>Schoenoplectus californicus</i>	Junco triangular o totora	Depuradora
<i>Juncus effusus</i>	Tulillo o junco	Depuradora
<i>Juncus acutus</i>	Junco espinozo	Depuradora
Hidrófitas enraizadas de hojas flotantes		
Nombre científico	Nombre común	Función
<i>Nymphae mexicana</i>	Atlacuetzón, ninfa	Ornato
<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	Malacate	Depuradora
<i>Polygonum amphibium</i>	Achilillo macho	Depuradora
<i>Sagittaria demersa</i>	Papa de agua, bayoneta, cola de pato	Depuradora
<i>Potamogeton pusillus</i>	Pasto de Agua, lila de agua	Depuradora
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Cola de zorro, bejuquillo	Depuradora
Hidrófitas libres flotadoras		
Nombre científico	Nombre común	Función
<i>Wolffia columbiana</i>	Chichicastle, lentejilla	Depuradora
<i>Lemna gibba</i>	Chichicastle, lentejilla	Depuradora

Ilustración 14: Listado de especies utilizadas en humedales

Tipo de Flujo del Humedal	Aplicación
1- Flujo Libre superficial	Tratamiento terciario (pulimento)
2- Flujo sumergido horizontal	Tratamiento secundario de agua residual con carga orgánica < 100 mg L ⁻¹ . Segunda etapa de un sistema híbrido. Etapa final del sistema de tratamiento aerobio.
3- Flujo sumergido vertical	Primera etapa de un sistema híbrido Tratamiento secundario, usando 2 etapas en un sistema de flujo vertical en serie
4- Sistemas híbridos	Tratamiento secundario, con la primera celda con flujo vertical y la segunda con flujo horizontal.

Ilustración 15: Tipos de Humedales Artificiales

Humedales como sistema de tratamiento

Los humedales existen como sistemas naturales o artificiales, donde los segundos son obras de ingeniería bajo un diseño específico con el objetivo de separar los contaminantes del agua y llevar a cabo un manejo de las aguas residuales de forma apropiada. Los humedales artificiales son construidos para simular los sistemas de humedales naturales, y de aquí que están integrados por componentes similares a los sistemas naturales.

Los principales componentes considerados son:

- Soporte con diferentes velocidades de conductividad hidráulica y grado de intercambio iónico.
- Poblaciones microbianas aerobias y anaerobias.
- Una columna de agua (agua fluyendo arriba de la superficie del soporte).
- Población de organismos vertebrados e invertebrados.
- Plantas que puedan ser adaptadas a sustratos anaeróbicos saturados de agua.
- La mezcla óptima de diversas plantas es la clave para un buen diseño, se recomienda considerar que tengan las características siguientes:
 - ✓ Plantas adaptadas a las condiciones locales de clima, plagas y enfermedades.
 - ✓ Plantas tolerantes a los contaminantes y a las condiciones hipetróficas (altos contenidos de nutrientes).
 - ✓ De fácil propagación y rápido crecimiento.
 - ✓ Alta capacidad de remoción de contaminantes a través de mejorar la nitrificación, desnitrificación y otros procesos microbianos.

Se requiere mantener un sistema de plantas de diferentes especies porque esto asegurará que el sistema sea más resistente a los ataques de plagas y variación de carga orgánica, así como para ofrecer una mayor capacidad de remoción de diversos contaminantes. Es deseable tener diferentes soportes con grava y/o arena y/o tierra, para proveer el sostén a las plantas. Éstos ofrecen una considerable superficie reactiva o área superficial para acomplejar iones, aniones y otros compuestos. Ellos también proveen de área superficial para permitir el crecimiento de microorganismos y la descomposición de los contaminantes. Otras condiciones necesarias son las corrientes de agua superficial y subsuperficial. Esto ocasiona movimientos del agua

que transportaran el material orgánico, nutrientes y oxígeno a las poblaciones bacterianas del sistema de raíces y el medio circundante, así como también a los subproductos de las diferentes reacciones de biodegradación. Es importante puntualizar que los procesos bioquímicos y las reacciones que se llevan a cabo en los sistemas de tratamiento para depuración de aguas residuales fueron tomados del medio natural y modelados para acelerar las reacciones.

En otras palabras, todo sistema artificial es la simulación a diferente escala de los procesos que ocurren en los sistemas naturales, buscando optimizar la estabilización y/o la remoción de contaminantes. Lo mismo ocurre con los humedales donde los procesos depurativos de los sistemas de humedales naturales son reproducidos y mejorados en los artificiales.

Los aspectos característicos del diseño de los sistemas de humedales son: espacio, tiempo de retención hidráulica, población activa (tanto de plantas como de bacterias) y requerimientos de energía.

Tipos de humedales artificiales:

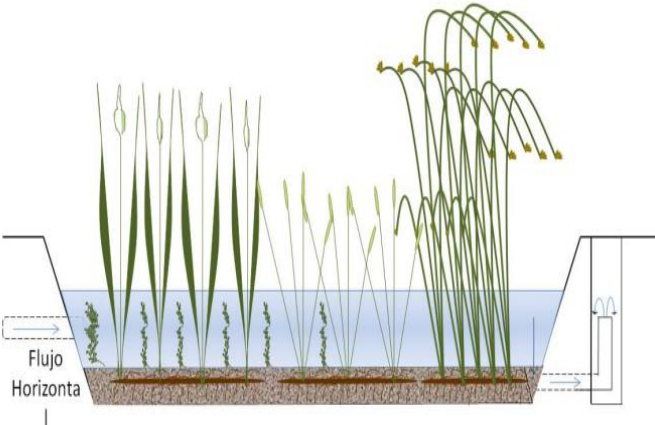
Básicamente existen tres tipos de diseño de humedales (Ilustración 16):

1. Flujo libre superficial (flujo horizontal).
2. Flujo sumergido (flujo vertical y horizontal).
3. Sistemas híbridos (flujo sumergido vertical, seguido de flujo sumergido horizontal).

En la siguiente imagen, se describen los sistemas disponibles para el diseño de un humedal construido y resume los diferentes tipos de sistemas y su función.

Tipo de Flujo del Humedal	Aplicación
1- Flujo Libre superficial	Tratamiento terciario (pulimento)
2- Flujo sumergido horizontal	Tratamiento secundario de agua residual con carga orgánica $< 100 \text{ mg L}^{-1}$. Segunda etapa de un sistema híbrido. Etapa final del sistema de tratamiento aerobio.
3- Flujo sumergido vertical	Primera etapa de un sistema híbrido Tratamiento secundario, usando 2 etapas en un sistema de flujo vertical en serie
4- Sistemas híbridos	Tratamiento secundario, con la primera celda con flujo vertical y la segunda con flujo horizontal.

Ilustración 16: Tipos de Humedales Artificiales

NOMBRE	DEFINICIÓN	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
HUMEDAL DE FLUJO LIBRE SUPERFICIAL	la vegetación está parcialmente sumergida y sus contrapartes naturales serian: pantano, ciénaga, marisma, manglar; cuyas profundidades varían de 4 a 18 pulgadas (100 a 450 mm). La vegetación común para estos sistemas incluye eneas, carrizos, juncias, mangles y juncos.	consta en general de canales o tanques con una barrera natural o artificial para prevenir la percolación del agua. Algunos sistemas HAFL se diseñan de manera que haya retención completa del agua residual que se aplica a través de percolación y la evapotranspiración. Las bacterias adheridas a las plantas tratan el agua residual a medida que ésta fluye a través de la vegetación y por medio de procesos físicos y químicos. Requiere de: - Plantas emergentes apropiadas en un canal o espacio de agua relativamente somero. - Una barrera impermeable (arcilla o	

		membrana) para evitar la contaminación de acuíferos. • Un flujo de agua, la cual es expuesta a la atmósfera a medida que fluye a través del área del humedal.	
HUMEDAL DE FLUJO SUMERGIDO	Se trata a medida que fluye lateralmente a través de un medio poroso. La vegetación emergente se planta en el medio, que puede ser desde grava gruesa hasta arena. La profundidad del lecho va desde 1.5 a 3.3 pies (0.45 a 1 m) y tiene una pendiente característica de 0 a 0.5%. Existen dos variantes que dependen si el flujo es horizontal o vertical.	Requiere de: • Aproximadamente 45 cm o más de un medio permeable que soporte las raíces del sistema de las plantas emergentes (rocas, grava, o arena gruesa). • Flujo de agua debajo de la superficie del medio. • Una barrera impermeable para prevenir	

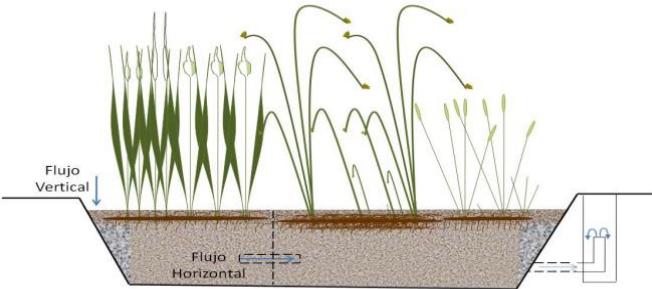
		contaminación del acuífero	
SISTEMA HIBRIDO		Requiere de: • Flujo vertical sumergido, seguido de un sistema de flujo horizontal. • Celdas en serie y con gradiente. • El efluente de cada celda fluye hacia el inicio de la siguiente celda (para los sistemas de flujo vertical).	

Tabla 6: Tipos de humedales

Se encontró con que el documento ¿Cómo construir un humedal para el tratamiento de aguas residual en mi escuela? , señala como objetivo principal y a detalle como generar un humedal para un área escolar, no sin antes redactar de manera clara cada uno de los factores que nos llevan a generar un humedal en una zona escolarizada y desarrollando temas como: Qué es el agua residual, cuáles son sus principales contaminantes, los riesgos de salud y ambientales por su contaminación, y por qué es necesario tratarla, también qué es el agua virtual y la huella hídrica y que hay diferentes alternativas de tratamiento de agua residual. Explica a detalle qué son los humedales artificiales, su estructura, funcionalidad, clasificación, ventajas y desventajas con los sistemas electromecánicos, dimensionamiento, construcción, así como las actividades de operación y mantenimiento. Tenemos presente en qué se puede reutilizar el agua tratada, conforme a la normativa mexicana.

Llegando a la conclusión de que los humedales artificiales, cuando son bien diseñados, contruidos y operados, constituyen una alternativa viable y confiable para el tratamiento del agua residual. Sabemos que es factible utilizarla en las escuelas, aun en diferentes condiciones climáticas, y que, además, son sistemas sencillos de operar y son amigables con el ambiente.

En segundo lugar, se propone el trabajo titulado Propuesta metodológica para la construcción de humedales artificiales que identifica de primera instancia

que es un humedal artificial el cual es un sistema de tratamiento de aguas residuales formados por estanques poco profundos (aproximadamente de cincuenta centímetros) formando sistemas de Fito depuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitos enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizada. La acción de los macrófitos hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente.

El tratamiento de aguas residuales para depuración se lo realiza mediante sistemas que tienen tres partes principales: recogida, tratamiento y evacuación al lugar de restitución (Fernández et al., 2004).

Los humedales artificiales se clasifican en dos tipos:

1. Humedales de flujo libre o sistemas de libre flotación (FL): Se habla de estanques o canales que se encuentran expuestos a la atmosfera y contiene plantas enraizadas flotantes.
2. Humedales subsuperficiales o sistemas de plantas con raíces emergentes (FSS): Son estanques más elaborados en los cuales se colocan en el primer estanque sustratos porosos el cual puede ser, arena, grava o cualquier otro tipo de suelo de material grueso, el cual presenta vegetación en crecimiento,

Y así mismo estos se dividen en:

- a) Sistema de flujo vertical (FSSV)
- b) Sistema de flujo horizontal (FSSH)

Entre los humedales subsuperficiales hay dos tipos diferentes de material de relleno: arena o grava. Los sistemas de lecho con grava son ampliamente utilizados en América Latina, África, Asia, Australia y Nueva Zelanda. El uso de arena gruesa contribuye a la eficiencia de los procesos de tratamiento, proporcionando la superficie para el crecimiento microbiano y soportando la adsorción y los procesos de filtración. Estos efectos dan una mayor eficiencia al tratamiento, necesitando menos espacio.

El tercer documentos titulado Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas nos enmarca las principales ventajas de los humedales artificiales tales como:

Menor emisión de contaminación ambiental por malos olores y ruido, su mantenimiento y operación requieren de poco tiempo de inversión son estéticos debido a la sección de plantas para la producción de microorganismos anaerobios y plantas emergentes y demandan un menor costo al no requerir de energía eléctrica para su funcionamiento.

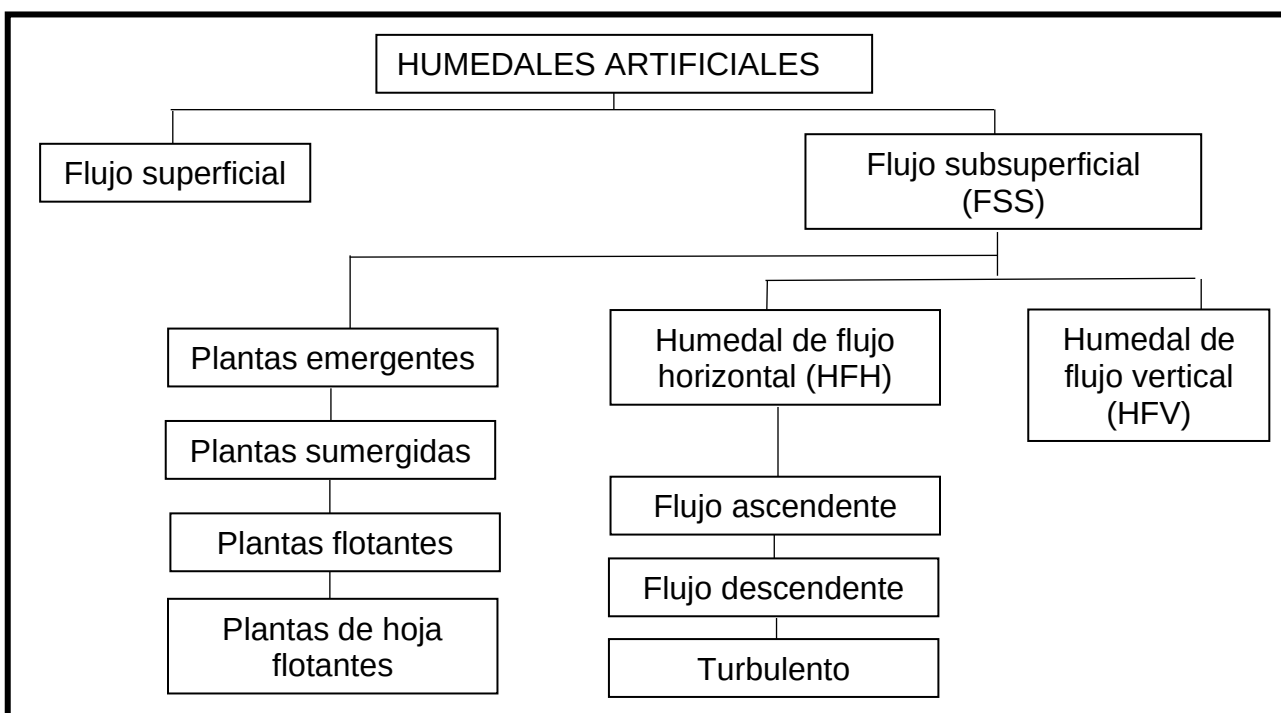


Tabla 7: Tipos de humedales

El cuarto documento titulado Filtros para el Tratamiento de Agua explica la importancia del abastecimiento de agua en situaciones de la vida cotidiana y en actividades del sector de agua, saneamiento e higiene de esta para todos en cantidades suficientes.

Enuncia que existen numerosas opciones de desinfección del agua como lo son: las pastillas de cloro, sobres de purificación de agua, dispositivos de desinfección solar y filtros de purificación y estas se han utilizado en multitud de contextos.

PARÁMETROS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA A LA HORA DE VALORAR LAS OPCIONES DE FILTROS:	
RENDIMIENTO	Se refiere al rendimiento del filtro sin tener en cuenta factores del entorno humano. Abarca la protección, vinculada a la calidad del agua con el finde ajustarse al Objetivo de Desarrollo Sostenible, el caudal del flujo del agua y la capacidad total del tratamiento que se utilizará, el tipo del agua de origen que puede tratar cada filtro y si se incluye una opción para almacenar el agua tratada de forma segura y evitar que se contamine de nuevo.
PROTECCIÓN	Deben garantizar una protección del 99.9% y del 99.99% frente a bacterias y protozoos, estos son los criterios idóneos.

CAUDAL	(tiempo de tratamiento) debe ser de al menos 20 litros en 12 horas (es decir, 1,7 l/h) con un rendimiento preferente de 0,5 l/min (30.l/h)
CAPACIDAD DE TRATAMIENTO (VIDA ÚTIL)	Debe ser de entre 4.500 y 5.000 litros como mínimo, que equivale a las necesidades básicas de supervivencia (2,5 a 3 l/día, según los estándares de Esfera) de una familia de cinco personas en un año.
TURBIDEZ	El filtro debe ser capaz de tratar agua con una turbidez de más de 50 unidades nefelométricas de turbidez (UNT) (por ejemplo, incluyendo un filtro previo en el producto) de modo que la turbidez se reduzca a menos de 5 UNT a la salida.

Tabla 8: Parámetros a considerar para la implementación de filtros

El producto debe ser fácil de utilizar y aceptable si ha de ser eficiente, sea cual sea su rendimiento.

Estos parámetros incluyen el diseño del filtro y la sencillez de su instalación, operación y mantenimiento, que debe requerir el mínimo de formación posible (preferentemente autodidacta mediante instrucciones claras y visuales), y tienen un impacto directo en su aceptabilidad por los usuarios finales. El producto en sí debe ser lo más ligero y portátil posible, sin necesidad de desmontarlo para su transporte. No debe precisar una fuente externa de energía, y deberá incluir un mecanismo de seguridad para evitar que se siga utilizando cuando el filtro deje de funcionar adecuadamente (una indicación visual o, de preferencia, un mecanismo que impida que el agua siga fluyendo por el filtro una vez cumplida su vida útil). Otro aspecto importante a considerar es la sostenibilidad, esto se refiere a consideraciones “externas” del filtro, como son la sostenibilidad de los filtros (deben ser duraderos y con un impacto ambiental mínimo en cuanto a materiales utilizados, reciclaje, reutilización de partes del filtro, etc. y precisar el menor número de consumibles posible o de preferencia ninguno), su empaquetado para reducir al mínimo el volumen de transporte y la huella ambiental, así como su asequibilidad, con un coste objetivo.

El quinto documento titulado Estudio Sanitario del Agua abarca el proceso de filtración mediante el cual se retiene en un medio poroso la materia en suspensión contenida en un fluido. Cuando estas partículas en suspensión tienen un tamaño suficiente, quedan retenidas en la superficie, recibiendo el nombre de filtración superficial, mientras que, si las partículas

tienen un tamaño inferior, estas pueden quedar absorbidas en el interior de la masa porosa, denominándose en este caso filtración en volumen.

Enuncia que en la filtración pueden emplearse diversos procedimientos y materiales cuyo tamaño de poro puede estar comprendido entre 1 y 100 μ m. Los diversos tipos de materiales filtrantes más utilizados son: Polietileno, acero inoxidable, tela, restos silíceos de fósiles, arena, antracita y magnetita. Según las características del agua problema, antes de realizar la filtración, puede ser necesario, o no, intercalar una etapa de sedimentación, en función de la naturaleza de las partículas implicadas, de la concentración de éstas y de la consistencia de los flóculos formados. Cuando la concentración de partículas es muy elevada y, por tanto, también el volumen de flóculos formados, la filtración directa tiene el inconveniente de que el lecho filtrante se atora muy rápidamente. Asimismo, cuando las fuerzas de unión de los flóculos no son muy grandes, existe la posibilidad de que se rompan por el cizallamiento que sufren durante la filtración a través de un medio granular, pasando las sustancias que los componen al producto final, como ocurre con los flóculos de hierro o aluminio. En estos casos siempre es conveniente realizar una sedimentación previa a la filtración.

La efectividad de un filtro en la retención de partículas se define como el número de colisiones efectivas de todas las partículas presentes del agua, partido por el número de colisiones teóricas posibles en la superficie de una sección transversal de dicho filtro (colector individual). Si las partículas granulares del filtro tienen forma esférica o cuasi esférica, la superficie de una sección transversal se correspondería con la suma de las áreas de todos los gránulos comprendidos en dicha sección. Por tanto, la efectividad de retención a través de todo el volumen del lecho filtrante sería la suma de las efectividades de todos los posibles colectores individuales.

La filtración debe ser considerada como un proceso más de separación sólido/líquido, y en función de las características de la materia particulada presente en el agua se procederá a efectuarla, si se considera necesario, y en este caso se elegirá el soporte adecuado. En otras circunstancias, las partículas pueden eliminarse por otros procedimientos de separación de los que habitualmente se realizan para el tratamiento de aguas, tales como sedimentación o flotación. De acuerdo con las fuerzas que intervienen en el proceso de filtración, los filtros se clasifican en filtros de gravedad y filtros de presión.

Los filtros que se utilizan más frecuentemente en los Sistemas de abastecimiento de agua potable para consumo público son los granulares de arena, consistentes en un lecho de material poroso, contenido en una estructura que permite la regeneración de la capacidad de retención cuando la pérdida de carga es importante debido a las partículas ya retenidas (Ilustración 17). En principio parecen los más adecuados cuando la cantidad de materia a retener es grande y la dimensión de las partículas relativamente pequeña.

El tipo de filtro más usual es el de gravedad, cuyo coste siempre es menor que el de los filtros a presión. La filtración a través de un medio granular es usualmente un proceso discontinuo, que consta de un ciclo de filtración y un ciclo de regeneración o lavado del lecho filtrante, aunque en el mercado existen dispositivos que permiten la filtración y regeneración de forma simultánea. Los filtros de arena por gravedad pueden dividirse, a su vez, en dos tipos en función de la velocidad de filtración del agua bruta: filtros lentos de arena y filtros rápidos de arena.

El sexto documento llamado Abastecimiento de Aguas: Filtración por Gravedad menciona de una manera breve y específica los procesos de filtración en función a los materiales a separar, la fuerza impulsora, que en su caso trabajaremos con la filtración por gravedad.

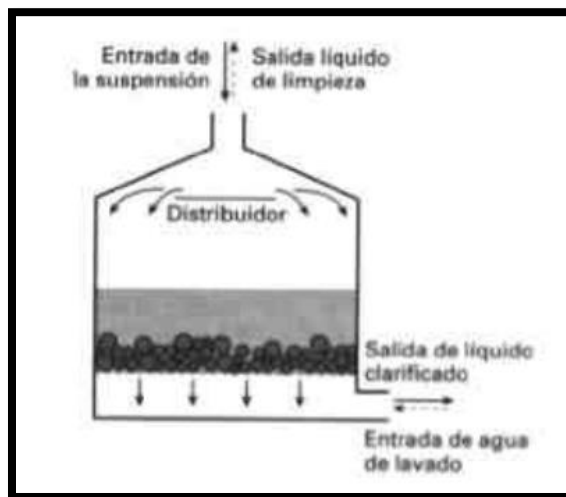


Ilustración 17: Sistema de Filtración por gravedad

La composición del agua problema será fundamental en el comportamiento del filtro y en los resultados que se van a obtener.

Las características más importantes del agua a filtrar son la concentración de sólidos en suspensión, el tamaño y la distribución de tamaños de las partículas y la consistencia de los flóculos.

Un agua natural que se vaya a filtrar no debe tener una concentración de sólidos superior a un cierto límite ya que si no el funcionamiento y la explotación del filtro no serían rentables.

Un agua coagulada, floculada y decantada ve mejorada su calidad antes de ser filtrada. El filtro es capaz de retener flóculos y partículas que hayan escapado a la decantación.

Por lo general, las partículas en suspensión tienen una distribución bimodal de tamaños. Hay una fracción de partículas pequeñas en torno a las 5 μm , y otra de mayor tamaño en torno a las 80 μm . Lo importante de esta distribución bimodal de tamaños es que los mecanismos para eliminar unos y otros durante la filtración deberán ser diferentes.

Microsistema de tratamiento de agua residual

Como ya se habló con anterioridad el tratamiento de aguas residuales están constituidos por diferentes características, como las físicas, químicas y biológicas y dependiendo de estas se selecciona el tipo de tratamiento que favorezca el tratamiento (Ilustración 18).

Los microsistemas de tratamiento de agua residual se muestran como una adecuada solución atendiendo así las necesidades de saneamiento del agua para su uso en riego de jardines, cumpliendo con dos factores importantes, los cuales son: la practicidad y la economía.

A continuación, se muestra una imagen de un ejemplo de instalación de un microsistema de tratamiento.

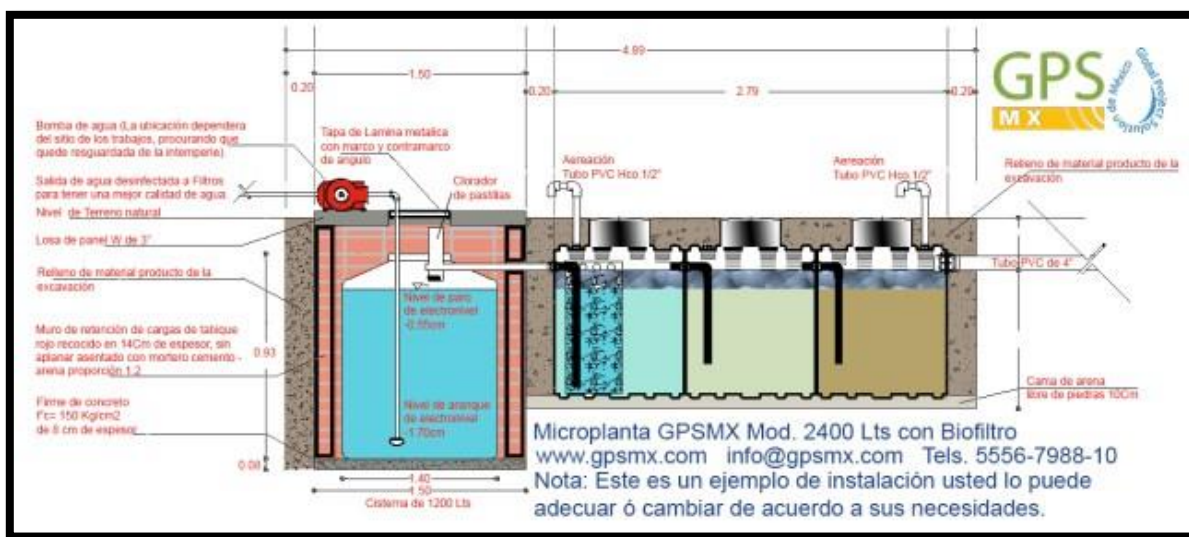


Ilustración 18: Microsistema de tratamiento de agua residual

CAPITULO III. DESARROLLO

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

La ejecución de este proyecto se sustentó en una exhaustiva investigación preliminar que abarcó diversos aspectos cruciales para su implementación. Se llevó a cabo un análisis detallado del consumo de agua del edificio D, considerando factores como el número de estudiantes, el gasto por unidades mueble y la normatividad vigente en el Estado de México en cuanto a los requisitos sanitarios.

Además, se abordaron aspectos técnicos y logísticos esenciales, como la selección de materiales para la construcción de depósitos, la identificación de tipos de plantas adecuadas y sus propiedades, así como el análisis del tipo de terreno presente en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. En este contexto, se llevó a cabo un minucioso levantamiento topográfico de la zona de intervención, con el propósito de recopilar información vital sobre las pendientes del terreno y determinar la viabilidad de instaurar un sistema de aguas residuales por gravedad.

Este enfoque de investigación integral proporcionó la base sólida necesaria para la planificación y ejecución del proyecto, garantizando que cada paso estuviera respaldado por datos precisos y pertinentes. La recopilación de información detallada no solo sirvió como punto de partida, sino que también permitió identificar posibles desafíos y oportunidades, sentando así las bases para un enfoque estratégico y efectivo en la implementación del microsistema de filtración por gravedad en el edificio D del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

Levantamiento topográfico

A continuación, se detalla la memoria de cálculo y los planos correspondientes al levantamiento topográfico realizado para conocer es viable la propuesta.

L1, L2, L3, L4, L5: Líneas definidas para establecer las distancias de cada cadenamiento realizado en el levantamiento topográfico.

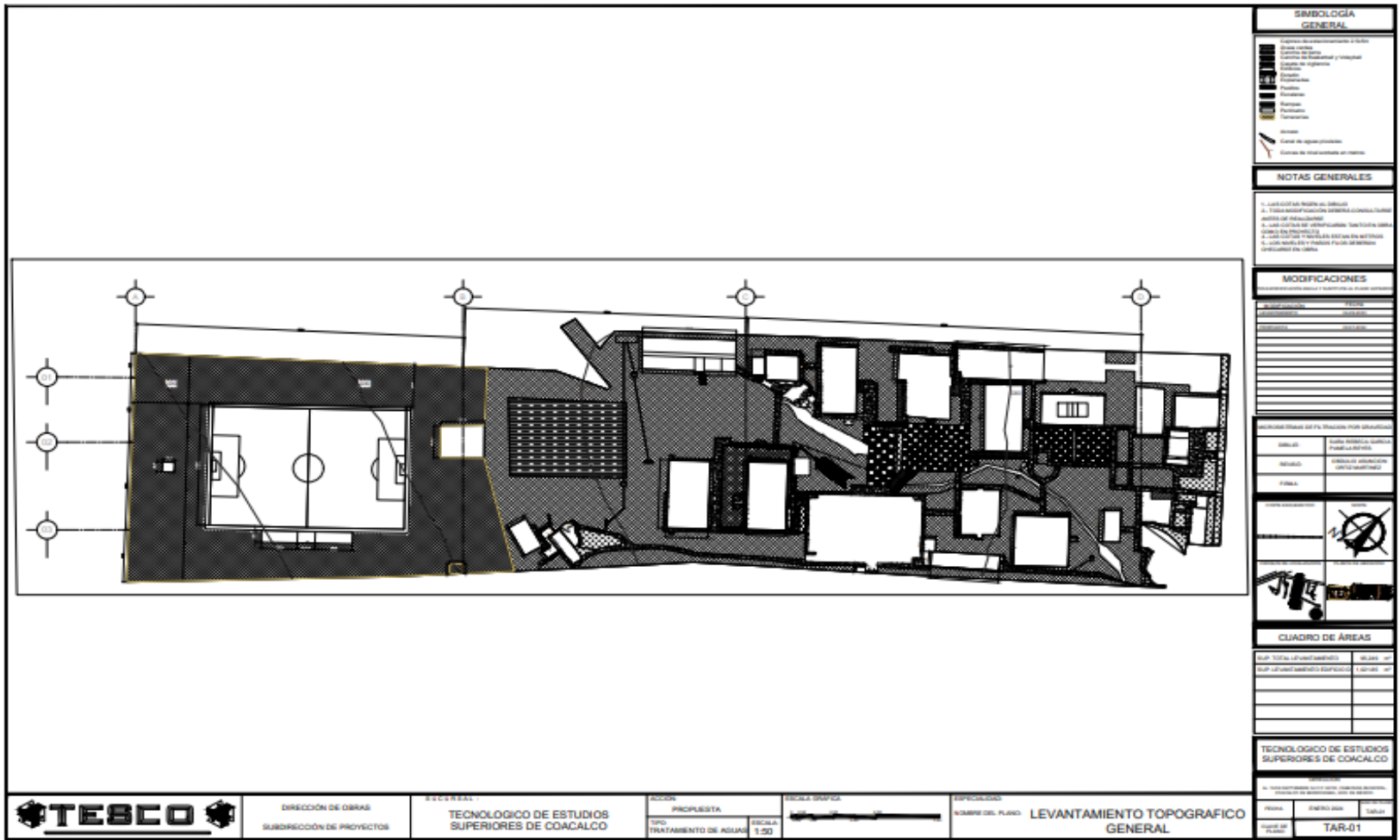
AP (m)	BN (m)	Nivel (m)	Lectura positiva +/- (m)	Cota (m)	Nivel (m)	Cadenamiento (m)	
1.35	10.00	11.35	1.65	9.700	-0.300	25.47	L1
1.35	10.00	11.35	1.737	9.613	-0.387	7.47	L2
1.35	10.00	11.35	1.885	9.465	-0.535	10	L3
1.35	10.00	11.35	1.885	9.465	-0.535	20	L3
1.35	10.00	11.35	1.88	9.470	-0.530	28.63	L3
1.35	10.00	11.35	1.724	9.626	-0.374	10	L4
1.35	10.00	11.35	1.94	9.410	-0.590	20	L4
1.35	10.00	11.35	2.31	9.040	-0.960	30	L4
1.35	10.00	11.35	2.51	8.840	-1.160	40	L4
1.35	10.00	11.35	2.62	8.730	-1.270	50	L4
1.35	10.00	11.35	1.825	9.525	-0.475	10	L5
1.35	10.00	11.35	1.97	9.380	-0.620	20	L5
1.35	10.00	11.35	2.17	9.180	-0.820	30	L5
1.35	10.00	11.35	2.44	8.910	-1.090	40	L5
1.35	10.00	11.35	2.575	8.775	-1.225	48.3	L5
1.3	10.00	11.30	1.505	9.795	-0.205		

EST	Punto visado	Distancia (m)
A	B	47.8
B	C	10.65
C	D	9.13
D	E	4.45
E	F	35.2
F	A	32.94
Diagonales		
A	C	52.61
A	D	45.2
D	F	35.35

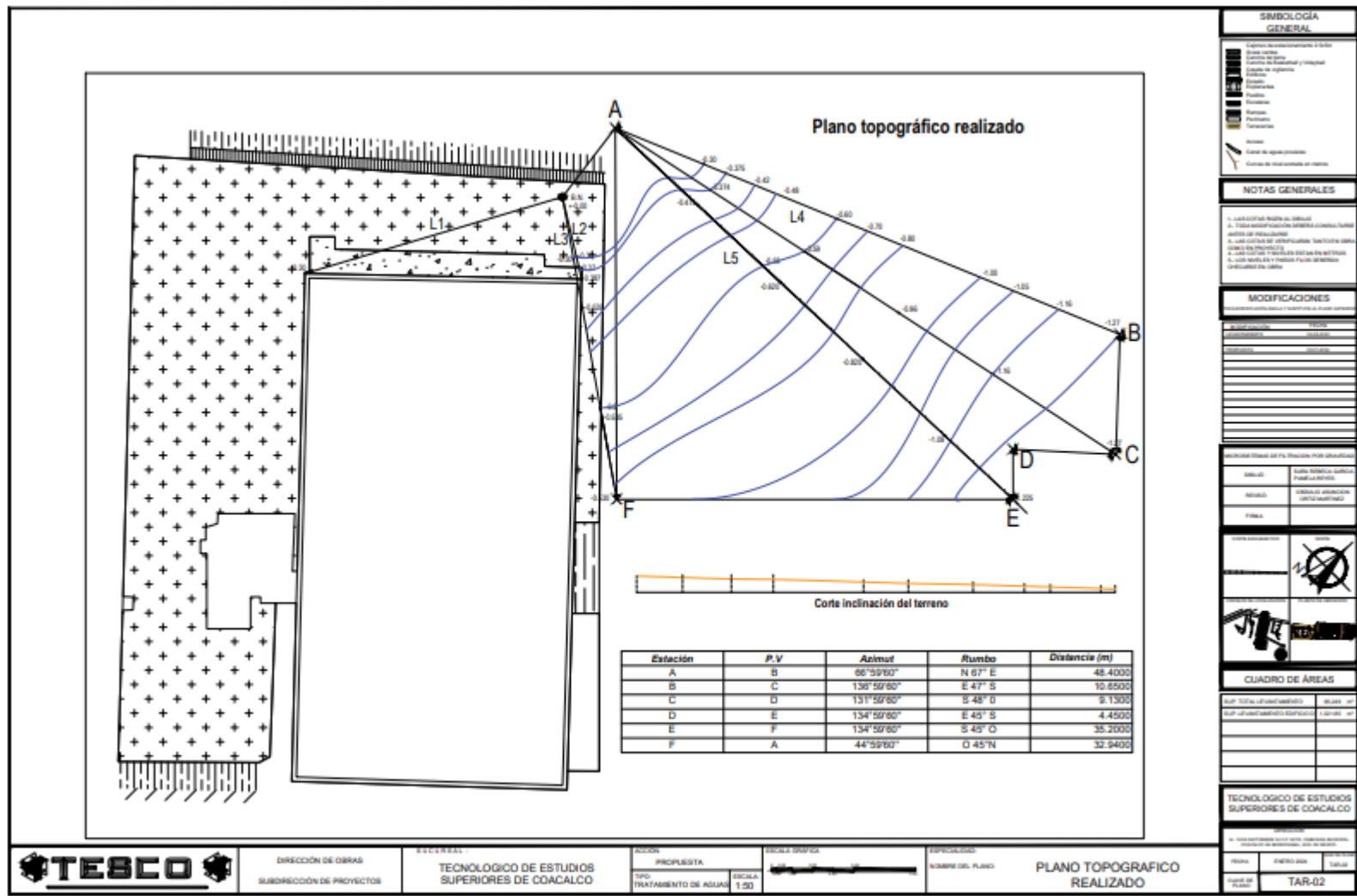
--	--	--

Estación	P.V	Azimut	Rumbo	Distancia (m)
A	B	66°59'60"	N 67° E	48.4
B	C	136°59'60"	E 47° S	10.65
C	D	131°59'60"	S 48° O	9.13
D	E	134°59'60"	E 45° S	4.45
E	F	134°59'60"	S 45° O	35.2
F	A	44°59'60"	O 45° N	32.94

Plano Topográfico general del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco



Levantamiento Topográfico realizado



Gastos de diseño

- Dotación: Cantidad de agua que utiliza una persona para resolver sus necesidades en un día promedio incluyendo las pérdidas físicas.

Para realizar la propuesta de nuestro sistema por gravedad, se tomará una dotación de 25 litros por alumno por día y se tomará una cantidad de 800 estudiantes actuales en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco para nuestro cálculo de gastos, a continuación, se anexan los cálculos realizados.

Demanda diaria (Dd)

$$\text{Numero de personas} \times \text{Dotación} = 800 \times 25 = \mathbf{20,000 \text{ lts}}$$

Gasto medio (Qm)

$$Q_m = \frac{\text{Dot} \times \text{Pob}}{\text{seg/día}} = \frac{\frac{25\text{l}}{\text{día}} \times 800 \text{ estudiantes}}{86400} = \mathbf{0.23 \text{ lts/seg}}$$

$$\mathbf{Dot} = \text{lt} / \text{hab} / \text{día}$$

$$\mathbf{Pob} = \text{Habitantes}$$

Gasto máximo diario (Qmd)

$$Q_{md} = Q_m \times C_{vd}$$

$$Q_{md} = 0.23 \times 1.40 = \mathbf{0.32 \text{ lts/seg}}$$

$$\mathbf{C_{vd}} = \text{Coeficiente de Variación Diaria en México} = 1.4$$

$$\mathbf{Q_m} = \text{Gasto medio}$$

Gasto maximo horario (Qmh)

$$Q_{mh} = Q_{md} \times C_{vh}$$

$$Q_{mh} = 0.32 \times 1.55 = \mathbf{0.50 \text{ lts/seg}}$$

C_{vh} = Coeficiente Máximo Horario = 1.55

Q_{mD} = Gasto Máximo Diario

Gasto unidades muebles

- Cálculo de Unidades Mueble

Mueble	Unidad Mueble		Total (UM)
	Total unitaria (UM)	Cantidad (pza.)	
Lavabo público	1	12	12
Excusado	6	16	96
Llave de agua	1	2	2
Mingitorio	3	6	18
		Suma:	128

Tomando en cuenta las normas y especificaciones de la INIFED

UM	Q (lps)
130	4.8

$$Q = 4.8 \text{ lps} = \frac{4.8}{1000} = 0.0048 \frac{m^3}{s}$$

De acuerdo al total de unidades mueble obtenidas en el conteo de lavabos, excusados, llaves y mingitorios existentes en el edificio D se trabajará con un gasto de agua de 4.8lps, lo que es equivalente a 0.0048 m³/s.

Las medidas mínimas para los registros según las normas tienen sus dimensiones de 60 por 40 centímetros, en esta propuesta se realizarán depósitos de 1.50m de ancho x 1.00m de altura.

El término "unidad de consumo" se refiere al volumen de agua por minuto necesario para el uso normal intermitente de un mueble, siendo aproximadamente equivalente a 6 litros por minuto.

Mueble	Unidades de Descarga	Tamaño mínimo de la conexión (mm)
Bebedero	1	32
Coladera de piso	3	50
Lavabo	1	32
Lavadero	2	38
Regadera	3	50
Mingitorio	3	50
Inodoro con tanque	6	100
Inodoro	6	100

UM	Q lps	Diám mm	Diám pulg	Area m²x1000	Vel mps	K	Hf %	UM	Q lps	Diám mm	Diám pulg	Area m²x1000	Vel mps	K	Hf %
1	1.00	25	1.06	0.56	1.77	201636	20.16	160	5.24	64	2.50	3.15	1.66	2046	5.62
2	1.13	25	1.06	0.56	2.00	201636	25.75	180	5.48	64	2.50	3.15	1.74	2046	6.14
3	1.26	25	1.06	0.56	2.29	201636	32.01	200	5.63	64	2.50	3.15	1.78	2046	6.48
4	1.38	32	1.29	0.84	1.63	68703	13.08	220	5.84	64	2.50	3.15	1.85	2046	6.98
5	1.51	32	1.29	0.84	1.79	68703	15.66	240	6.20	64	2.50	3.15	1.97	2046	7.86
6	1.56	32	1.29	0.84	1.85	68703	16.72	260	6.48	64	2.50	3.15	2.05	2046	8.59
7	1.61	32	1.29	0.84	1.91	68703	17.81	280	6.71	64	2.50	3.15	2.13	2046	9.21
8	1.67	32	1.29	0.84	1.98	68703	19.16	300	6.94	64	2.50	3.15	2.20	2046	9.85
9	1.71	32	1.29	0.84	2.02	68703	20.09	320	7.13	64	2.50	3.15	2.26	2046	10.40
10	1.77	32	1.29	0.84	2.10	68703	21.52	340	7.32	64	2.50	3.15	2.32	2046	10.96
11	1.82	32	1.29	0.84	2.16	68703	22.76	365	7.57	64	2.50	3.15	2.40	2046	11.72
12	1.86	32	1.29	0.84	2.20	68703	23.77	380	7.71	75	2.98	4.50	1.71	792	4.71
13	1.91	32	1.29	0.84	2.26	68703	25.06	400	7.90	75	2.98	4.50	1.75	792	4.94
14	1.95	32	1.29	0.84	2.31	68703	26.12	420	8.09	75	2.98	4.50	1.80	792	5.18
15	1.99	32	1.29	0.84	2.36	68703	27.21	440	8.28	75	2.98	4.50	1.84	792	5.43
16	2.03	32	1.29	0.84	2.40	68703	28.31	460	8.47	75	2.98	4.50	1.88	792	5.68
17	2.08	38	1.53	1.18	1.76	28061	12.14	480	8.66	75	2.98	4.50	1.92	792	5.94
18	2.12	38	1.53	1.18	1.79	28061	12.61	500	8.85	75	2.98	4.50	1.97	792	6.20
19	2.17	38	1.53	1.18	1.84	28061	13.21	520	9.02	75	2.98	4.50	2.00	792	6.44
20	2.21	38	1.53	1.18	1.87	28061	13.71	540	9.20	75	2.98	4.50	2.04	792	6.70

30	2.59	38	1.53	1.18	2.19	28061	18.82	680	10.38	75	2.98	4.50	2.31	792	8.53
35	2.75	38	1.53	1.18	2.33	28061	21.22	700	10.55	75	2.98	4.50	2.34	792	8.81
38	2.84	38	1.53	1.18	2.40	28061	22.63	720	10.74	75	2.98	4.50	2.39	792	9.13
40	2.90	50	2.01	2.05	1.42	6497	5.46	730	10.80	75	2.98	4.50	2.40	792	9.24
45	3.06	50	2.01	2.05	1.50	6497	6.08	740	10.93	100	3.94	7.85	1.39	180	2.15
50	3.22	50	2.01	2.05	1.57	6497	6.74	840	11.82	100	3.94	7.85	1.51	180	2.52
55	3.35	50	2.01	2.05	1.64	6497	7.29	900	12.30	100	3.94	7.85	1.57	180	2.72
60	3.47	50	2.01	2.05	1.70	6497	7.82	940	12.62	100	3.94	7.85	1.61	180	2.87
65	3.57	50	2.01	2.05	1.75	6497	8.28	1000	13.10	100	3.94	7.85	1.67	180	3.09
70	3.66	50	2.01	2.05	1.79	6497	8.70	1050	13.50	100	3.94	7.85	1.72	180	3.28
75	3.78	50	2.01	2.05	1.85	6497	9.28	1100	13.90	100	3.94	7.85	1.77	180	3.48
80	3.91	50	2.01	2.05	1.91	6497	9.93	1150	14.38	100	3.94	7.85	1.83	180	3.72
85	4.00	50	2.01	2.05	1.96	6497	10.39	1200	14.85	100	3.94	7.85	1.89	180	3.97
90	4.10	50	2.01	2.05	2.00	6497	10.92	1250	15.18	100	3.94	7.85	1.93	180	4.15
95	4.20	50	2.01	2.05	2.05	6497	11.46	1300	15.50	100	3.94	7.85	1.98	180	4.33
100	4.29	50	2.01	2.05	2.10	6497	11.96	1350	15.90	100	3.94	7.85	2.03	180	4.55
105	4.36	50	2.01	2.05	2.13	6497	12.35	1400	16.20	100	3.94	7.85	2.06	180	4.73
110	4.42	50	2.01	2.05	2.16	6497	12.69	1450	16.60	100	3.94	7.85	2.12	180	4.96
115	4.52	50	2.01	2.05	2.21	6497	13.27	1500	17.00	100	3.94	7.85	2.17	180	5.21
120	4.61	50	2.01	2.05	2.25	6497	13.81	1550	17.40	100	3.94	7.85	2.22	180	5.45
125	4.71	50	2.01	2.05	2.30	6497	14.41	1600	17.70	100	3.94	7.85	2.26	180	5.64
130	4.80	50	2.01	2.05	2.35	6497	14.97	1650	18.10	100	3.94	7.85	2.31	180	5.90
138	4.90	50	2.01	2.05	2.40	6497	15.60	1700	18.50	100	3.94	7.85	2.36	180	6.16
140	4.92	64	2.50	3.15	1.56	2046	4.95	1740	18.82	100	3.94	7.85	2.40	180	6.38

Ilustración 19: Tabla de gastos de acuerdo al total de unidades mueble

Demanda total por día (DT/d)

$$\frac{DT}{d} = Qmd \times 86400 = 4.8 \times 86400 = 414,720 \text{ lts/día}$$

Qmd = Gasto máximo diario

$$\frac{DT}{d} = Qmd \times 86400 = 0.0048 \times 86400 = 414.72 \text{ m}^3/\text{día}$$

Qmd = Gasto máximo diario

Porcentaje real de agua en el depósito

Se utilizará un 80% del gasto de agua total para calcular el porcentaje de agua que tendrán nuestros depósitos en los cuales se purificará el agua.

$$\% \text{ real de agua} = 0.0048 \times 0.8 = 331.78 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Pérdidas de carga

- **Ecuación de Darcy:** La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación hidráulica que permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería llena.

$$hf = f \frac{LV^2}{D2g}$$

hf: Pérdida de energía por fricción (m)

f: Coeficiente de pérdidas

L: Longitud de la tubería (m)

V: Velocidad media del flujo (m/s)

D: Diámetro de la tubería (m)

g: Aceleración gravitacional (m/s²)

Las pérdidas de carga localizadas o pérdidas secundarias son pérdidas de carga debidas a elementos singulares de la tubería tales como codos, estrechamientos, válvulas, etc. Las pérdidas localizadas se expresan como una fracción o un múltiplo de la llamada “altura de velocidad” de la forma:

$$h_v = K \left(\frac{c^2}{2g} \right)$$

h_v= Pérdida de carga localizada

C = Velocidad media del agua, antes o después del punto singular, conforme el caso.

K = Coeficiente determinado en forma empírica para cada tipo de punto singular.

En ocasiones la constante de pérdida de la singularidad, K , se determina a partir del producto del coeficiente de fricción: f_T , en flujo completamente turbulento por la relación de longitud equivalente: L_e/D ; dos factores adimensionales. Primero, f_T , se determina por alguna de las ecuaciones del factor de fricción (Colebrook, Swamee y Jain, etc.), simplificadas para flujo muy turbulento, es decir cuando el Reynolds del flujo es muy alto. El segundo, L_e/D , corresponde a una relación adimensional propia del elemento o singularidad. Este valor se puede encontrar en diferentes tablas. La ecuación para la K , es:

$$K = f_T \left(\frac{L_e}{D} \right)$$

VALORES DEL COEFICIENTE K EN PÉRDIDAS SINGULARES		
Accidente	K	L/D
Válvula esférica (totalmente abierta)	10	350
Válvula en ángulo recto (totalmente abierta)	5	175
Válvula de seguridad (totalmente abierta)	2,5	-
Válvula de retención (totalmente abierta)	2	135
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	0,2	13
Válvula de compuerta (abierta 3/4)	1,15	35
Válvula de compuerta (abierta 1/2)	5,6	160
Válvula de compuerta (abierta 1/4)	24	900
Válvula de mariposa (totalmente abierta)	-	40
T por salida lateral	1,80	67
Codo a 90° de radio corto (con bridas)	0,90	32
Codo a 90° de radio normal (con bridas)	0,75	27
Codo a 90° de radio grande (con bridas)	0,60	20
Codo a 45° de radio corto (con bridas)	0,45	-
Codo a 45° de radio normal (con bridas)	0,40	-
Codo a 45° de radio grande (con bridas)	0,35	-

Ilustración 20: tabla de valores de coeficiente k

CÁLCULOS DEL DEPÓSITO 1-2

Velocidad

$$V = 4 \text{ m/s}$$

Niveles topográficos utilizados

1..27
1.16

Longitud del depósito 1-2

$$L = 3.15 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1.27 - 1.16 = 0.11 \text{ m}$$

Sección de la tubería

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0048 \text{ m}^3/\text{s}}{4 \text{ m/s}} = 0.0012 \text{ m}^2$$

Diámetro de la tubería propuesta

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0012}{\pi}} = 0.02 \text{ m}$$

Por Norma se utilizará tubería de 4"

Velocidad real

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0048}{0.0012} = 4 \text{ m/s}$$

Pérdidas de carga por fricción

$$H_f = 10.67 \times \left(\frac{0.0048}{150} \right)^{1.852} \times \frac{3.15}{0.02^{4.87}} = 29.92 \text{ mca}$$

Pérdidas por accesorios

1 codo normal= 0.9

$$k = 1 \times 0.9 = 0.9$$

2 tees= 1.8

$$k = 2 \times 1.8 = 3.6$$

Total= 4.5

Pérdidas locales por accesorios

$$H_m = 4.5 \left(\frac{4^2}{2 \times 9.81} \right) = 3.67 \text{ mca}$$

Pérdidas totales

$$H_t = 29.92 + 3.67 = 33.59 \text{ mca}$$

CÁLCULOS DEL DEPÓSITO 2-3

Velocidad

$$V = 4 \text{ m/s}$$

Niveles topográficos utilizados

1.16
1.05

Longitud del depósito 1-2

$$L = 3.50 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1.16 - 1.05 = 0.11 \text{ m}$$

Sección de la tubería

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0048 \text{ m}^3/\text{s}}{4 \text{ m/s}} = 0.0012 \text{ m}^2$$

Diámetro de la tubería propuesta

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0012}{\pi}} = 0.02 \text{ m}$$

Por Norma se utilizará tubería de 4"

Velocidad real

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0048}{0.0012} = 4 \text{ m/s}$$

Pérdidas de carga por fricción

$$H_f = 10.67 \times \left(\frac{0.0048}{150} \right)^{1.852} \times \frac{3.50}{0.02^{4.87}} = 33.25 \text{ mca}$$

Pérdidas por accesorios

1 codo normal= 0.9

$$k = 1 \times 0.9 = 0.9$$

1 tees= 1.8

$$k = 1 \times 1.8 = 1.8$$

Total= 2.7

Pérdidas locales por accesorios

$$H_m = 2.7 \left(\frac{4^2}{2 \times 9.81} \right) = 2.20 \text{ mca}$$

Pérdidas totales

$$H_t = 33.25 + 2.20 = 35.45 \text{ mca}$$

CÁLCULOS DEL DEPÓSITO 3-4

Velocidad

$$V = 4 \text{ m/s}$$

Niveles topográficos utilizados

1.05
1.00

Longitud del depósito 1-2

$$L = 3.30 \text{ m}$$

$$\Delta H = 1.05 - 1.00 = 0.05 \text{ m}$$

Sección de la tubería

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.0048 \text{ m}^3/\text{s}}{4 \text{ m/s}} = 0.0012 \text{ m}^2$$

Diámetro de la tubería propuesta

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0012}{\pi}} = 0.02 \text{ m}$$

Por Norma se utilizará tubería de 4"

Velocidad real

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0048}{0.0012} = 4 \text{ m/s}$$

Pérdidas de carga por fricción

$$H_f = 10.67 \times \left(\frac{0.0048}{150} \right)^{1.852} \times \frac{3.30}{0.02^{4.87}} = 31.35 \text{ mca}$$

Pérdidas por accesorios

1 codo normal= 0.9

$$k = 1 \times 0.9 = 0.9$$

1 tee= 1.8

$$k = 1 \times 1.8 = 1.8$$

Total= 2.7

Pérdidas locales por accesorios

$$H_m = 2.7 \left(\frac{4^2}{2 \times 9.81} \right) = 2.20 \text{ mca}$$

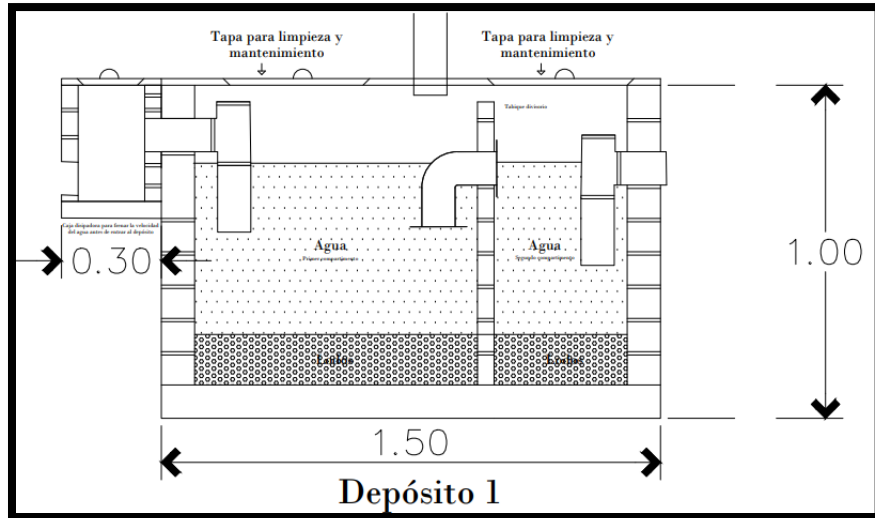
Pérdidas totales

$$H_t = 31.35 + 2.20 = 33.55 \text{ mca}$$

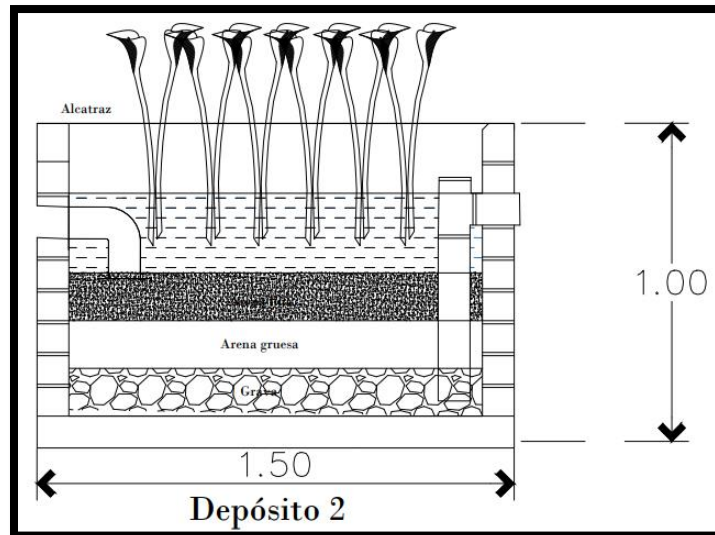
Diseño de depósitos

Se propondrá construir 4 depósitos prefabricados los cuales recibirán el agua del desagüe de los muebles del edificio D.

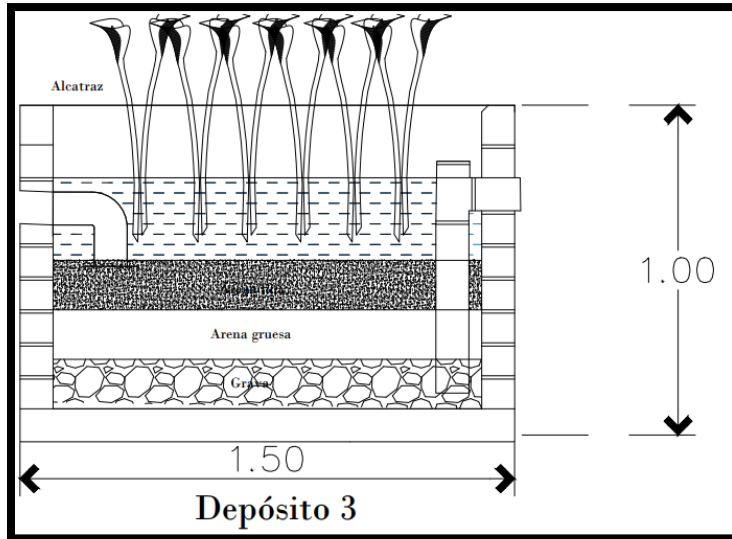
El primer depósito se realizará de 1.50m de ancho x 1.00m de altura, contará con una caja disipadora para frenar la llegada del agua antes de entrar al depósito de 30cm de ancho por 40cm de alto. Contará con dos compartimentos el cual estará dividido por una rejilla de concreto para drenar los lodos producidos por el tratado de las aguas. Se adecuarán dos tapas para realizar la limpieza y el mantenimiento del depósito, contará igualmente con una salida de una tubería de 4" para ventilación, la cual tendrá una altura de 3m.



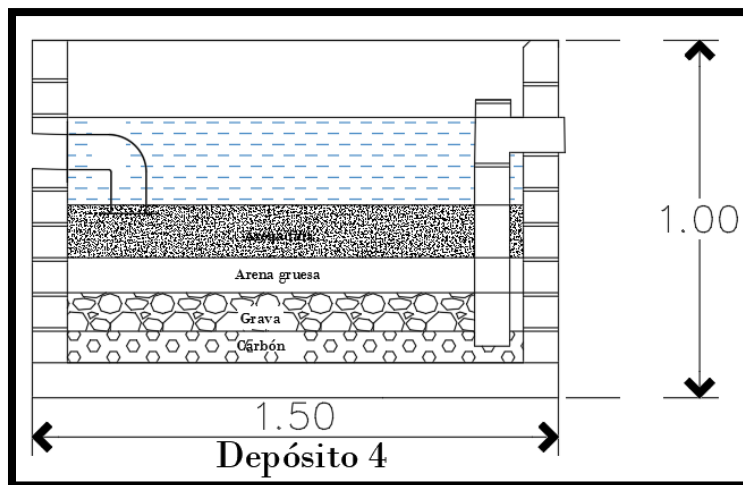
El segundo depósito al igual se realizará de 1.50m de ancho x 1.00m de altura, de dividirá en cuatro partes los cuales contendrá grava, arena gruesa, arena fina y planta alcatraz para la purificación del agua.



El tercer depósito al igual se realizará de 1.50m de ancho x 1.00m de altura, de dividirá en cinco partes los cuales contendrá los mismos materiales que el depósito 2: grava, arena gruesa, arena fina y planta alcatraz para la purificación del agua.



El cuarto depósito se realizará de 1.50m de ancho x 1.00m de altura, se dividirá en cinco partes las cuales contendrá: carbón para realizar una última purificación del agua, grava, arena gruesa, arena fina y agua.



Tuberías para distribución del agua purificada

La distribución a través de tuberías se realizará por gravedad y se considerará que se trabajará a tubo lleno y su distribución de presiones de líquido se ejerce de forma uniforme y constante mediante la pendiente obtenida.

Nuestra línea de conducción por gravedad busca aprovechar al máximo la energía disponible para conducir nuestro caudal deseado, por lo cual conducirá el diámetro que satisfaga nuestras necesidades, las razones técnicas que permitan soportar presiones que no dañen el

material de conducción utilizado, ésta será de PVC con un coeficiente de capacidad hidráulica de $C=150$ y velocidades dentro del rango de 0.40 a 4 m/s, la tubería tendrá orificios para el riego de las áreas verdes de una forma distribuida dejándolo en una zanja de 1.0m de profundidad y 1.50m de ancho.

Elección de tuberías de PVC para sistema de gravedad

El uso prevalente de tuberías de PVC (policloruro de vinilo) en sistemas de gravedad se justifica por diversas razones que contribuyen a su eficacia y eficiencia en estos contextos específicos.

La ligereza inherente del PVC es una característica fundamental que simplifica su manipulación e instalación. Este atributo resulta particularmente ventajoso en sistemas de gravedad, donde se aprovecha la pendiente natural del terreno para facilitar el flujo del agua. La facilidad de transporte y la sencillez en la instalación no solo reducen los costos asociados, sino que también minimizan el esfuerzo necesario para implementar sistemas de gravedad, convirtiendo al PVC en una opción práctica y accesible.

La resistencia a la corrosión es otro aspecto crucial que respalda la elección del PVC en este tipo de aplicaciones. La exposición constante al agua y a elementos ambientales no compromete la integridad del PVC, asegurando así una vida útil prolongada de las tuberías y reduciendo la necesidad de mantenimiento constante. Esta durabilidad es esencial, especialmente cuando las tuberías están enterradas o expuestas a condiciones climáticas extremas, lo que garantiza la estabilidad a largo plazo del sistema de gravedad.

Adicionalmente, el PVC destaca por su capacidad para soportar condiciones adversas como cambios de temperatura y exposición a la luz solar. Estas propiedades son esenciales para mantener la funcionalidad del sistema en entornos variables, reforzando la robustez del PVC como material de elección en proyectos de sistemas de gravedad.

El factor económico también desempeña un papel significativo en la preferencia por el PVC. En comparación con otros materiales, el PVC tiende a ser más económico, convirtiéndolo en una opción atractiva para proyectos que requieren grandes cantidades de tubería para cubrir distancias considerables. Esta ventaja financiera contribuye a la viabilidad económica de los sistemas de gravedad.

Otra característica notable del PVC es su baja rugosidad interna, que se traduce en una superficie interna relativamente suave. Esta cualidad minimiza la resistencia al flujo de agua, un aspecto crucial en sistemas de gravedad donde se busca maximizar el flujo natural sin depender de bombas u otros dispositivos mecánicos. La eficiencia en el transporte del agua es, por lo tanto, optimizada gracias a esta baja rugosidad interna.

La facilidad de conexión es un aspecto práctico que también respalda la elección del PVC en sistemas de gravedad. Las tuberías de PVC suelen estar equipadas con sistemas de conexión simples y eficientes, como juntas elásticas o pegamento especial. Esta facilidad de conexión no solo simplifica el proceso de instalación, sino que también reduce la posibilidad de fugas, contribuyendo así a la integridad y eficiencia del sistema.

El valor para las pérdidas por fricción para el tubo de PVC con un factor de 150, se propone a través del diagrama de moody; el cual nos indica a través de una serie de curvas en una hoja logarítmica las pérdidas por fricción en un conducto circular.

Con el factor de fricción f se evalúa la pérdida de energía por fricción, un valor importante para determinar el desempeño adecuado, que logre distribuir fluidos, como el agua.

Básicamente el diagrama de moody es útil para encontrar el factor de fricción f incluido en la ecuación de Darcy, la cual se utiliza más adelante. Esta ecuación nos permite el cálculo de la pérdida de carga por fricción dentro de una tubería llena.

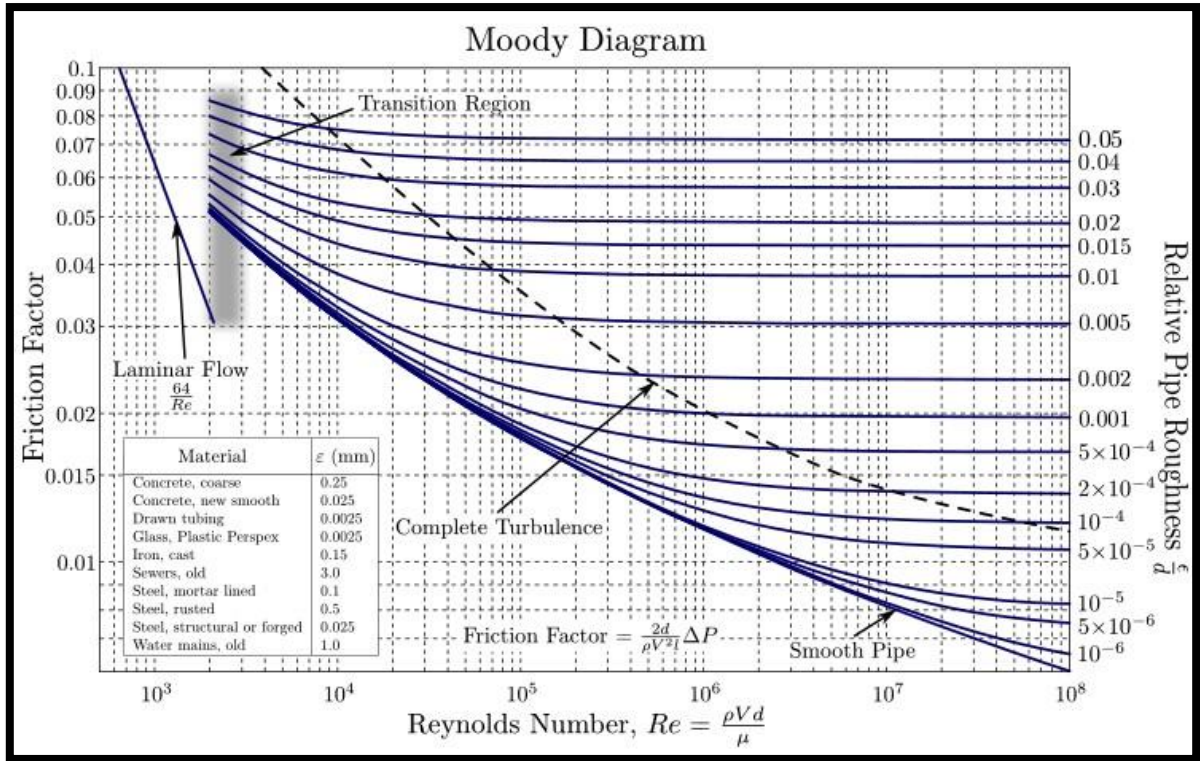


Ilustración 21: Diagrama de Moody.

Alcatraz como planta auxiliar en la purificación del agua

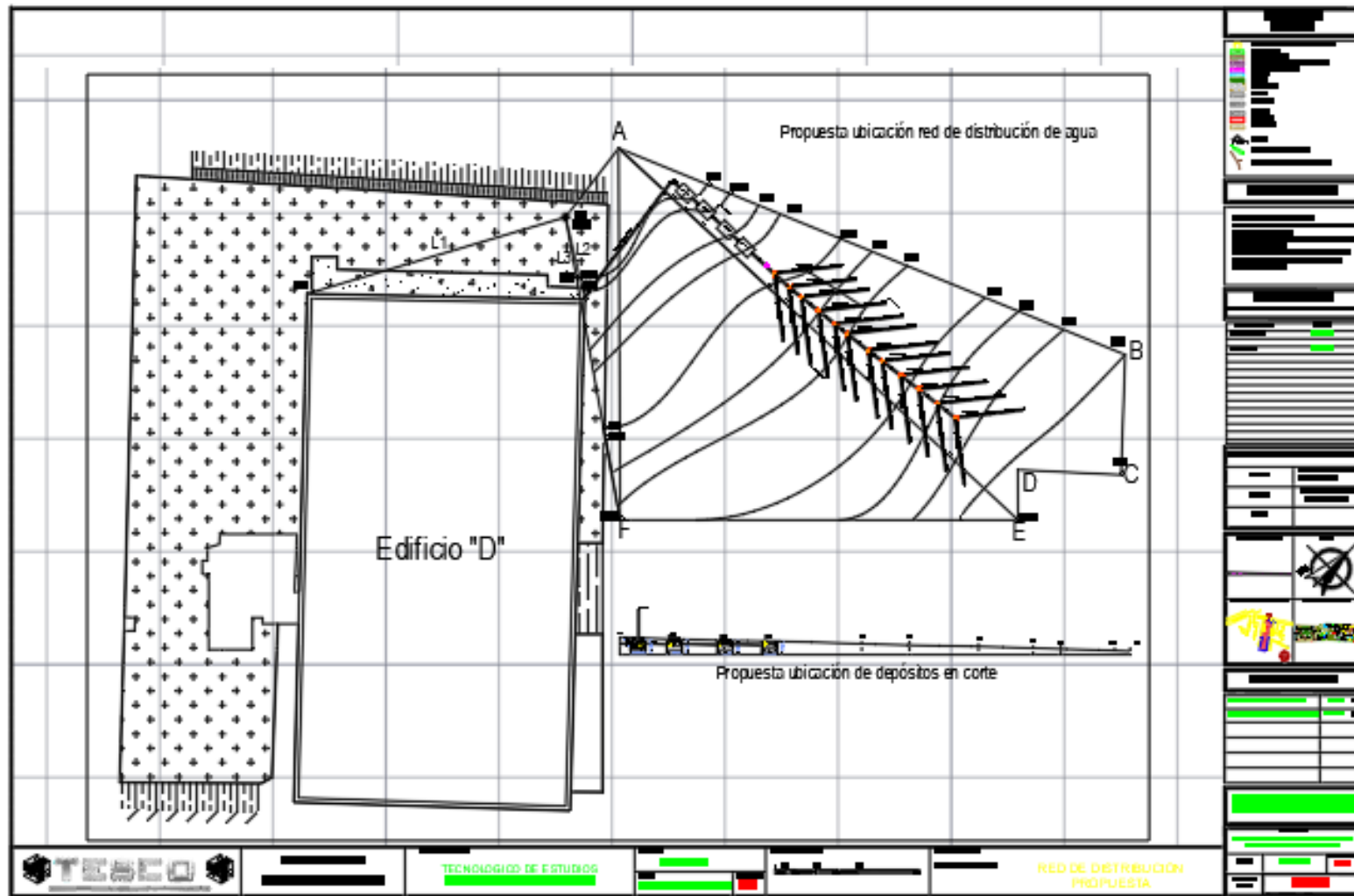
Una investigación llevada a cabo por el Tecnológico de Monterrey arrojó resultados significativos en cuanto a la capacidad de los alcatrazes para mejorar la eficiencia en la remoción de diversos contaminantes presentes en el agua. A continuación, se detallan los porcentajes de mejora obtenidos para cada parámetro evaluado:

- Demanda Química de Oxígeno (DQO): Se observó un aumento del 13% en la eficiencia de remoción de la DQO. Este parámetro indica la cantidad de oxígeno necesario para oxidar los compuestos químicos presentes en el agua, siendo una medida de la carga orgánica.
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Se registró un incremento del 13% en la remoción de la DBO5. Este indicador mide la cantidad de oxígeno consumido por microorganismos para descomponer la materia orgánica biodegradable en el agua durante un periodo de 5 días.

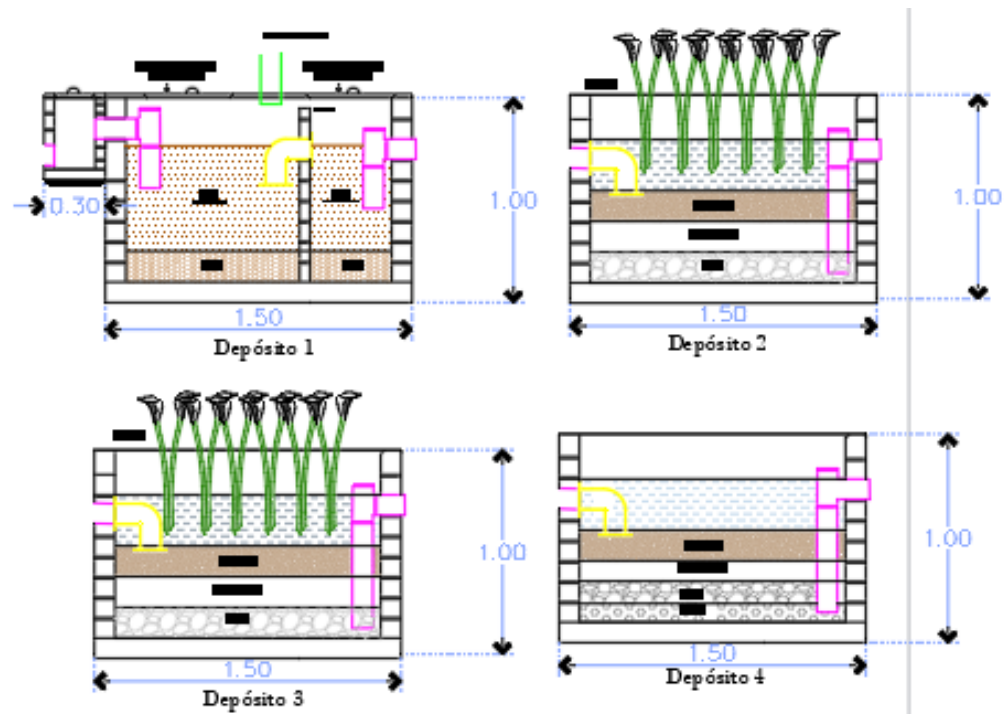
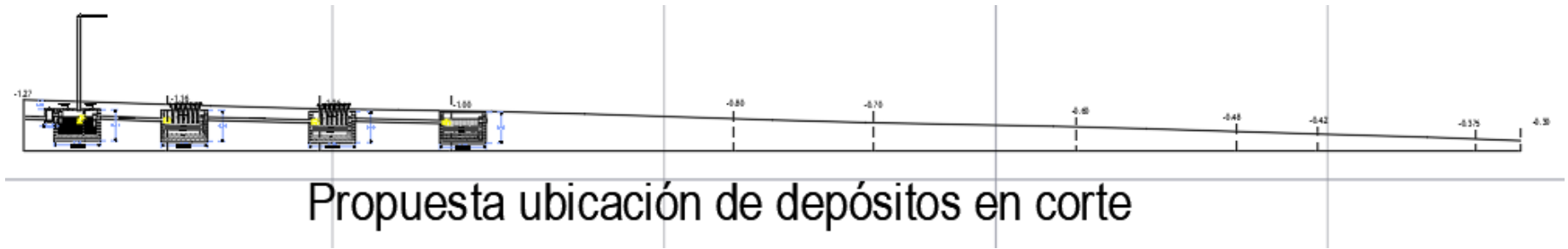
- Fوسفato total como PO₄: La presencia de alcátraces contribuyó a una mejora del 17.67% en la eliminación de fوسفatos totales, que son nutrientes importantes.
- Nitrógeno Amoniacal: Se observó un aumento del 10.6% en la eficacia de remoción de nitrógeno amoniacal. Este compuesto es una forma de nitrógeno que puede ser perjudicial para la vida acuática en altas concentraciones.
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): Los alcátraces demostraron mejorar la remoción de SST en un 9.62%, contribuyendo así a la claridad del agua al eliminar partículas suspendidas.
- Conductividad Eléctrica: Hubo una mejora del 5.3% en la conductividad eléctrica. Este parámetro es indicativo de la cantidad de sales disueltas en el agua y puede afectar la calidad del hábitat acuático.
- Turbiedad: La presencia de alcátraces contribuyó a una reducción del 11.02% en la turbiedad del agua, indicando una mayor claridad visual.
- Color: Se registró una mejora del 1.15% en la eliminación del color del agua, lo cual puede deberse a la capacidad de los alcátraces para reducir la presencia de compuestos orgánicos coloreados.
- Sulfatos: Se observó un aumento del 9.25% en la eficiencia de remoción de sulfatos, que pueden ser perjudiciales en altas concentraciones.
- Coliformes Totales y Fecales en el Pantano: Se registró una disminución del 1.46% en la presencia de coliformes totales y fecales en el pantano, indicando una mejora en la calidad microbiológica del agua.

Estos resultados respaldan la decisión de implementar la presencia de alcátraces en los depósitos 2 y 3 como una estrategia adicional para optimizar la purificación del agua en el sistema de purificación del agua en nuestros depósitos.

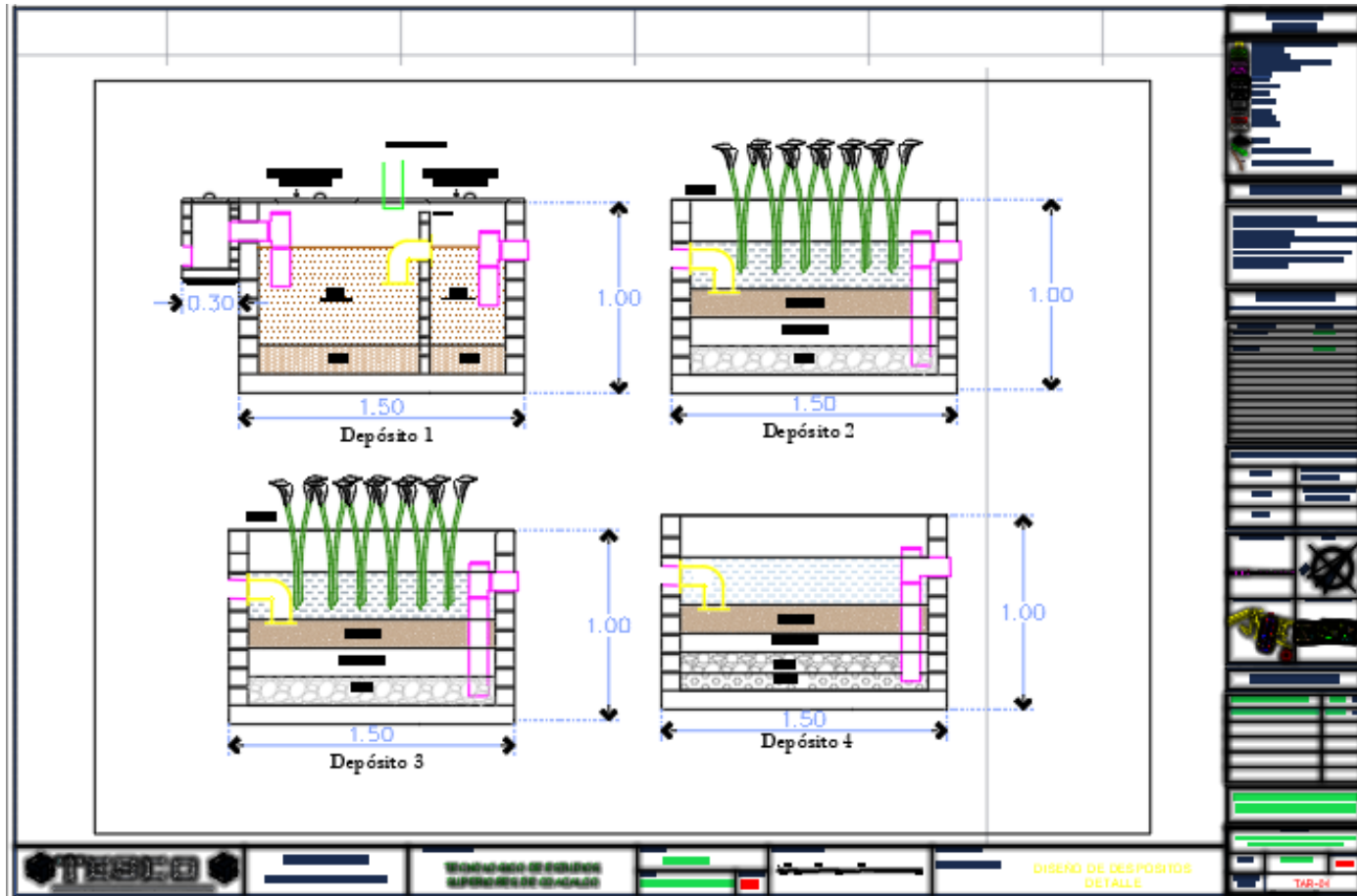
Propuesta de Diseño de Ubicación de depósitos y tuberías



Ubicación de propuesta y tuberías



Detalle de Depósitos



CAPITULO IV. RESULTADOS

RESULTADOS

Como producto de nuestra investigación se logró plasmar una propuesta definida de un microsistema piloto para el tratamiento de agua residual en uno de los edificios tipo de nuestra institución, con la finalidad de darle solución al gasto desmesurado de agua potable que producen dichas instalaciones del Tecnológico, al contar con 5500 estudiantes en ambos turnos aproximadamente, posteriormente si a la investigación se le diera continuidad para llevar a cabo el prototipo a la realidad, nos encontraríamos con una gran fuente de aprovechamiento de agua, con un microsistema de tratamiento de agua residual efectivo, natural y además a un costo considerable debido a que el sistema de filtración es amigable con el medio ambiente, debido a los tipos de filtros propuestos, los cuales son; arena fina, arena gruesa, grava, plantas y carbón, . Posteriormente se podría implementar este mismo microsistema en todos los edificios tipo que tiene el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco: lo que amplificaría el aprovechamiento del agua residual en todo el plantel.

Como consecuencia de nuestra investigación teórica se logró obtener la información adecuada y suficiente, respecto al desarrollo de un sistema de tratamiento de agua residual por gravedad para el riego de jardines del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco. Se cuenta con la información suficiente para poder plantear un prototipo de microsistemas de filtración por gravedad por edificio del Tecnológico y así lograr el tratamiento del agua residual proveniente de la instalación sanitaria y con ello reutilizar las aguas utilizadas en nuestra institución.

Se lograron conocer los alcances que esta propuesta tiene y los beneficios que se obtendrá del tratamiento de aguas en cada uno de los edificios del Tecnológico, siendo así una propuesta viable y factible para realizarse a futuro teniendo grandes aportaciones a nuestra institución como lo son el aprovechamiento de las aguas residuales provenientes de los sanitarios y el mejoramiento de nuestras áreas verdes.

Se detectaron algunas limitantes como lo son la falta de información, planos, detalles de la institución debido a que esta información no está al alcance del alumnado del Tecnológico,

se debe buscar o acudir a personas específicas o en su caso directivos para lograr obtener esta información que es de gran utilidad y aporte a nuestro proyecto.

Con esta investigación también se espera tener un amplio conocimiento del tema conociendo los pros y contras de este proyecto, así como el gran impacto que tendrá en la vida y rendimiento de nuestros compañeros universitarios y de las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco.

CONCLUSIONES

Tras concluir la investigación se destacó la importancia de contar con un sistema de tratamiento de agua residual en las instalaciones del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, debido a que el plantel atiende una población estudiantil aproximada de 5500 estudiantes distribuidos entre sus diferentes edificios, sin contar a los profesores, personal administrativo, de seguridad e intendencia. Estos edificios son usados prácticamente de siete de la mañana a diez de la noche, lo que implica un gasto desmesurado de agua potable en los baños de dichas edificaciones, por lo que la propuesta de un microsistema de filtración por gravedad para el saneamiento del agua residual obtenida de los sanitarios de los edificios, sería considerada como una opción eficiente para el aprovechamiento de esta agua y así generar al mismo tiempo un entorno armónico y sustentable en los jardines de nuestro plantel educativo.

Concluimos que el tratamiento de aguas residuales es un servicio que consiste en la separación de la carga orgánica que contienen las aguas residuales, eliminando al máximo la cantidad de residuos y contaminantes, buscando así cumplir con la mayoría de Las normas Oficiales Mexicanas establecidas, por tal motivo es así como el agua tratada trae como beneficio adicional el ahorro de agua potable, al ser utilizada en el riego de áreas verde de nuestra institución.

La propuesta destacó la necesidad de implementar un sistema de tratamiento de agua residual en el Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco, dada la alta población y extenso uso de los edificios. Se sugiere un microsistema de filtración por gravedad para aprovechar eficientemente el agua residual de los sanitarios, generando ahorro de agua potable y mejorando las áreas verdes del plantel. El proyecto se percibe como beneficioso para la comunidad educativa, promoviendo la sostenibilidad, rentabilidad y eficiencia en cada microsistema instalado.

Se concluye que si este proyecto se lleva a cabo será de gran beneficio para todo el personal que transita por el Tecnológico de Coacalco, de igual manera ayudará al gasto desmesurado de agua que contamos en nuestro edificio, así también, beneficiará las áreas verdes con las

cuales contamos en la actualidad en el Tecnológico, siendo así un gran avance a nivel estudiantil y social, amigable con el medio ambiente, siempre buscando el buen rendimiento, productividad y eficacia en cada uno de los microsistemas instalados en los edificios.

Es importante destacar que este proyecto presenta la posibilidad de una continuidad en el futuro mediante la realización de propuestas e investigaciones adicionales. Estas iniciativas contribuirían de manera significativa a garantizar el óptimo funcionamiento del proyecto, así como a proporcionar elementos complementarios que respalden su viabilidad y sostenibilidad para su implementación en el futuro.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

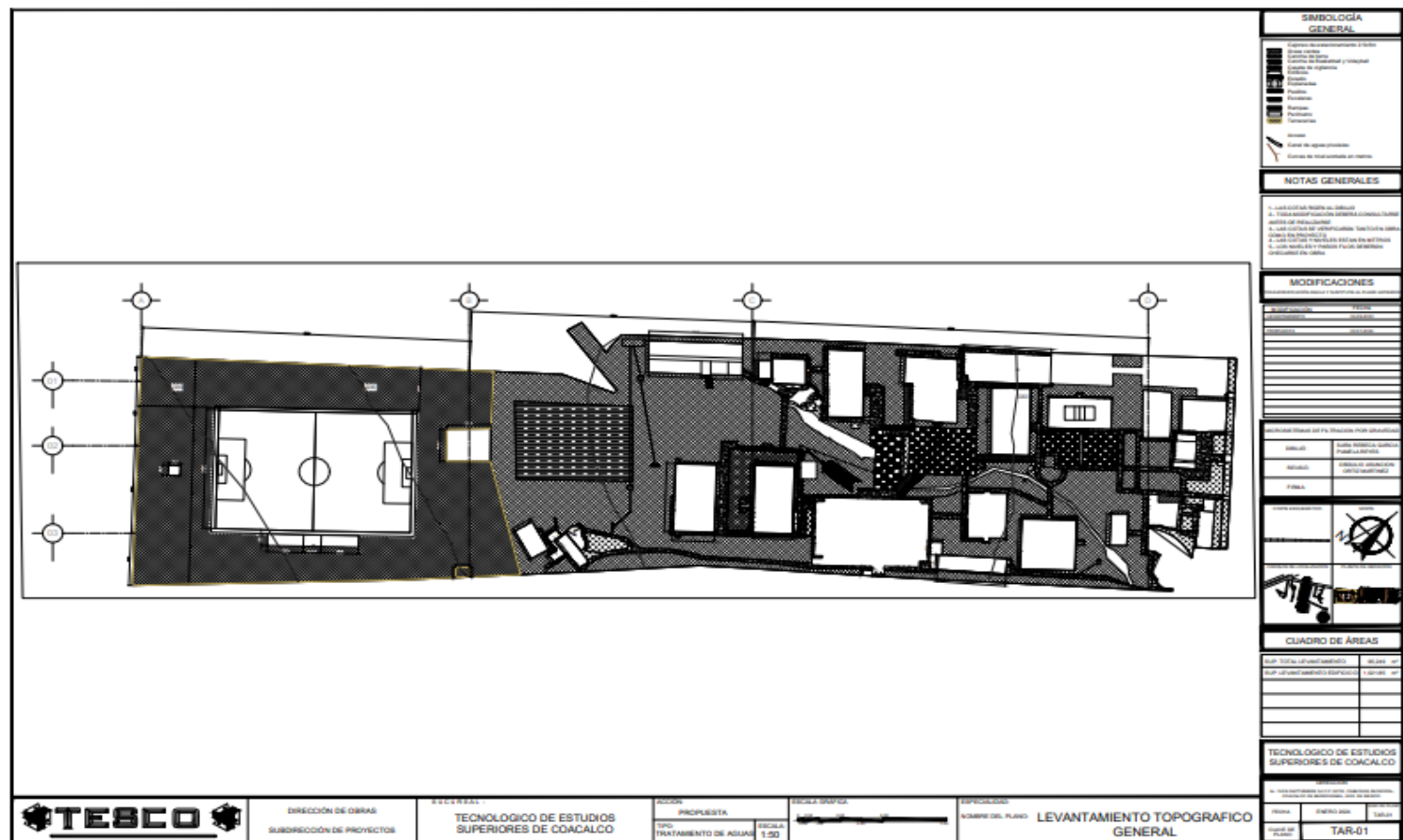
- Aplica los elementos de la investigación documental para elaborar escritos académicos de su entorno profesional.
- Capacidad con la preservación del medio ambiente.
- Realiza trazo y nivelación para proyectar obras de Ingeniería Civil utilizando equipo topográfico moderno.
- Aplica software de dibujo asistido por computadora.
- Determina el tensor de esfuerzos y sus componentes respecto a un plano de corte, así como los esfuerzos y direcciones principales para el análisis e interpretación de los esfuerzos en una partícula.
- Reconoce y relaciona los fundamentos de la hidrostática e hidrodinámica, así como los principios básicos del flujo en conductos a presión, para ser aplicados en proyectos y obras de ingeniería hidráulica.
- Elabora un protocolo de investigación en el que presenta soluciones científico - tecnológicas a problemáticas relacionadas con su campo profesional en diversos contextos.
- Determina, bajo un contexto de trabajo en equipos multi e interdisciplinarios, la factibilidad técnica, económica, ambiental y social de proyectos de inversión, para disminuir el riesgo en la toma de decisiones, respecto a asignar o no recursos para su desarrollo.
- Desarrolla proyectos para suministro de agua potable, considerando los elementos de planeación y diseño hasta integrar el expediente ejecutivo y las especificaciones de construcción apegadas a la normatividad vigente para beneficio de comunidades rurales y urbanas.
- Planea, modela y resuelve problemas relacionados con el uso óptimo de los recursos en las organizaciones
- Aplica los conocimientos sobre las propiedades índice, hidráulicas y mecánicas de los suelos para comprender su comportamiento y utilizarlos adecuadamente en los proyectos de Ingeniería Civil

FUENTES DE INFORMACIÓN

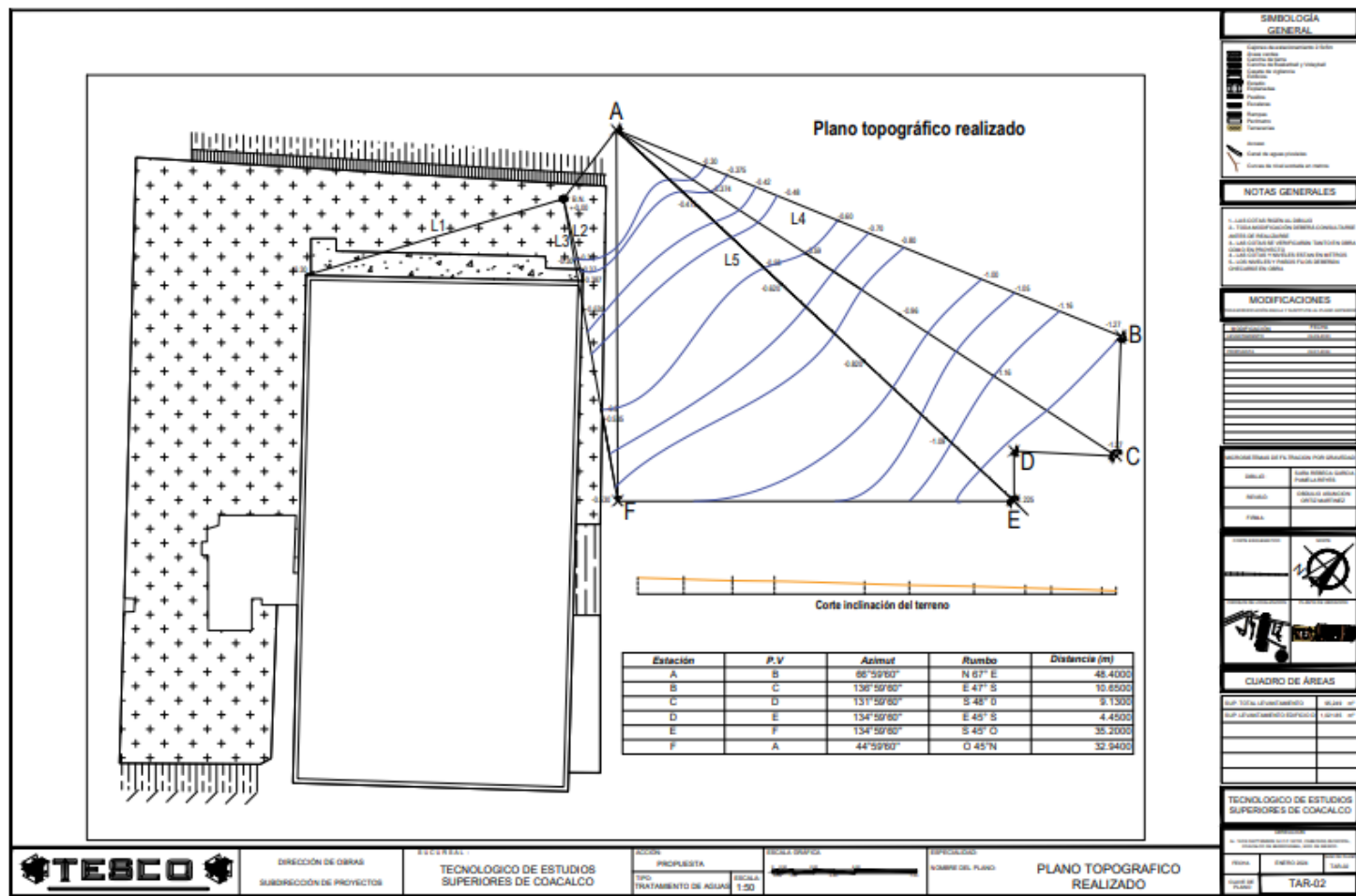
- Antonio, R.G. (2011). Agua de lluvia y reúso de aguas residuales para mejorar las condiciones de salud en comunidades escolares. SEMARNAT. Recuperado el 24 de octubre de 2023, de <http://www.amica.com.mx/issn/archivos/151.pdf>
- Cortez, V. M. A. (2019). Propuesta metodológica para la construcción de humedales artificiales. Biopasos.com. Recuperado el 25 de agosto de 2023, de <https://www.biopasos.com/biblioteca/Propuesta-metodologica-construccions-humedales-artificiales.pdf>
- Cruz, F.J. (2015). Saneamiento del agua potable. Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado el 07 de noviembre de 2023, de <http://www.elaguapotable.com/Tema%2006%20FILTRACI%C3%93N.pdf>
- Garmendia X. (2019). Programa Nacional Hídrico 2014-2018,38. Recuperado el 18 de agosto 2023, de:
https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServlet09eb.html
- Gómez, Á.J. (2015). El humedal artificial. Recuperado el 02 de diciembre de 2023 de <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1756/TE-18886.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hoffmann, D.H. (2001). Revisión Técnica de Humedales Artificiales. Unam.mx. Recuperado el 21 de agosto de 2023, de <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Revision-Tecnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>
- López, J.A. (2023). Estudio sanitario del agua. Usal.es. Recuperado el 23 de octubre de 2023, de <https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/filtracion.pdf>
- Méndez, P. A. (2015). Prototipo de planta de tratamiento de aguas residuales. UNAM. Recuperado el 13 de noviembre 2023 de <http://132.248.9.195/ppt2002/0322777/0322777.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Energía Dirección del Agua. (2021). Recuperado el 13 de noviembre de <https://da.go.cr/wp-content/uploads/2016/06/MANUAL TECNICO DE DOTACIONES DE AGUA.pdf>
- Rivas Hernández, A. (2014). Sistemas de humedales para el manejo, tratamiento y mejoramiento de la calidad del agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Recuperado 7 de agosto de 2023, de https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/sistemas-de-humedales/files/assets/basic-html/page2.html
- UNICEF. (2022). Marco mundial para el agua, el saneamiento y la higiene. Recuperado 4 de diciembre de 2023, de <https://www.unicef.org/media/66436/file/Global%20Framework%20for%20Urban%20Water,%20Sanitation%20and%20Hygiene-Spanish.pdf>

A continuación, se incorporan los documentos correspondientes utilizados en el proyecto los cuales nos apoyaron en realizar nuestras actividades y cumplirlas de la mejor manera.

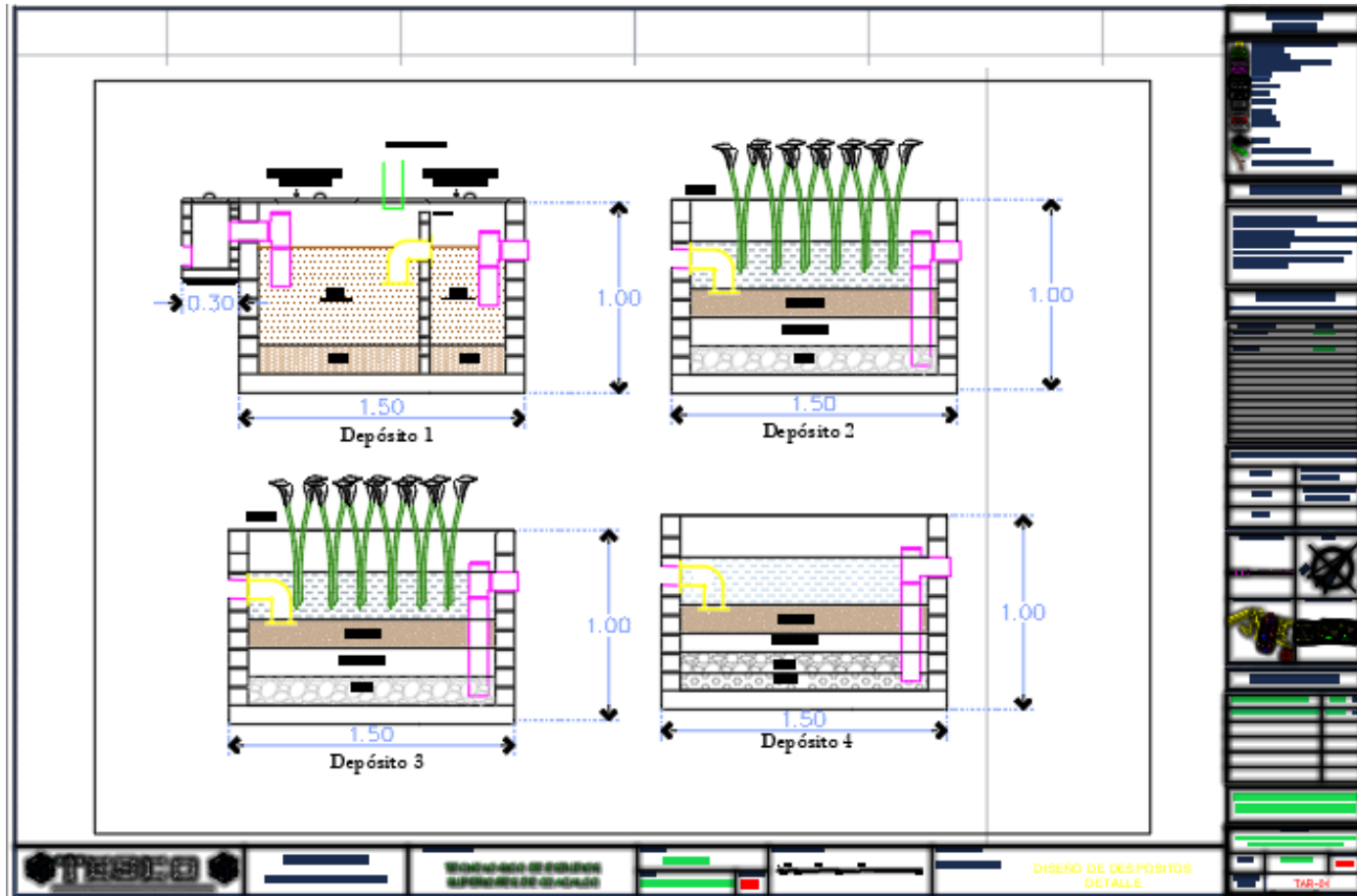
Plano Topográfico general del Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco



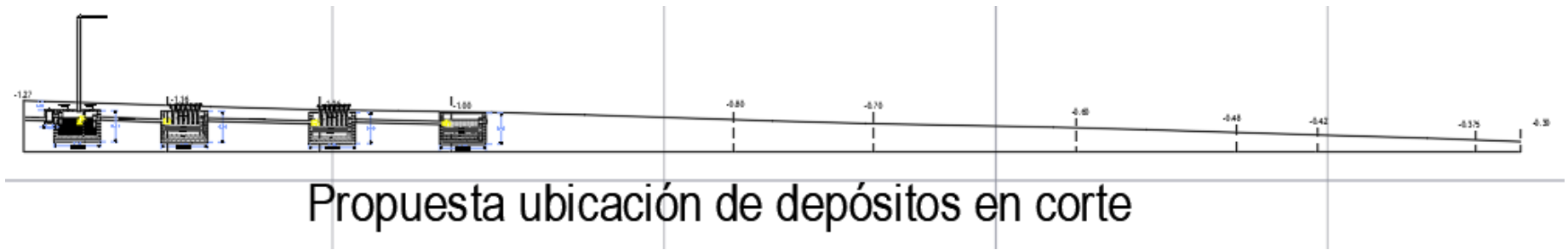
Levantamiento Topográfico realizado



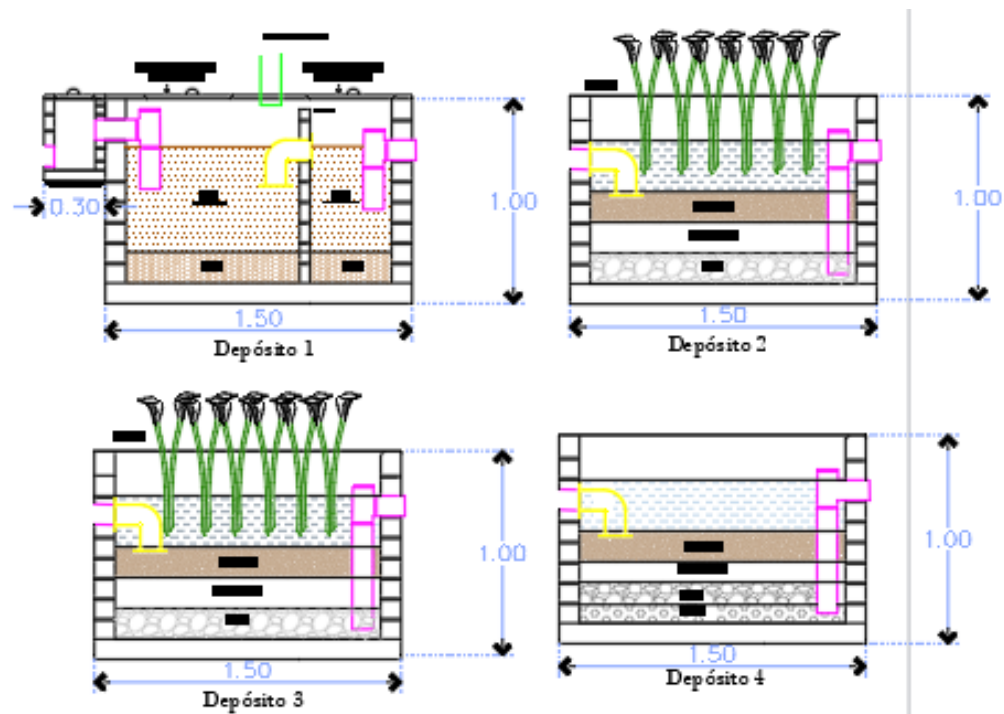
Detalle de Depósitos



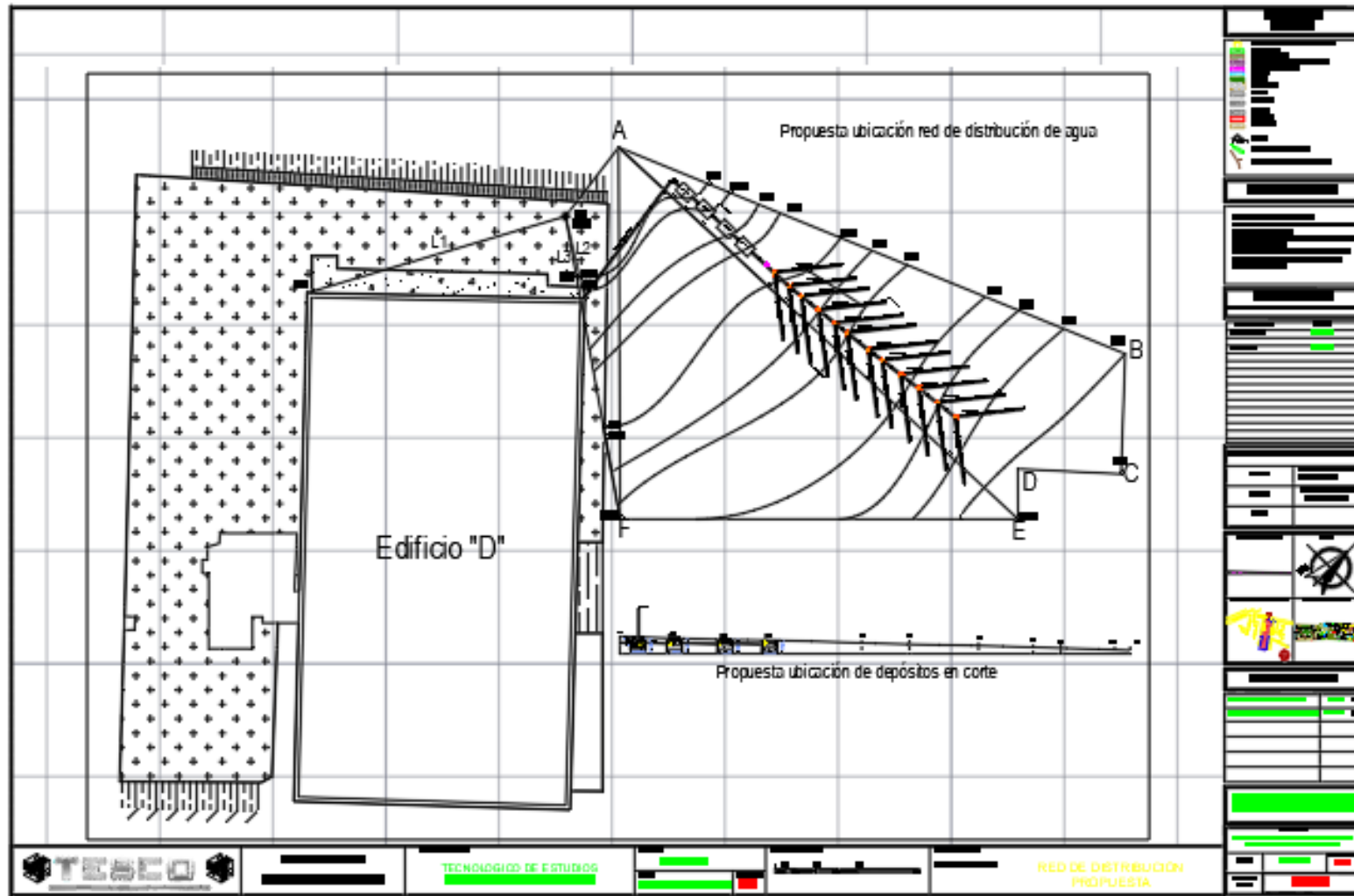
Ubicación de propuesta y tuberías



Propuesta ubicación de depósitos en corte



Propuesta de Diseño de Ubicación de depósitos y tuberías



Conceptos generales

1. Captación: Proceso de obtención de agua natural mediante diferentes procesos, naturales o sistematizados.
2. Dotación: Cantidad de agua destinada a una actividad, persona o uso.
3. Eficiencia de riego: Se encarga de medir la relación del agua disponible y el agua total destinada al proyecto.
4. Aprovechamiento de agua: Utilización del agua del dominio público en los diferentes usos, a partir del otorgamiento de una concesión o inscripción.
5. Tratamiento de aguas residuales: Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes en el agua, efluente del uso humano o de otros usos
6. Humedal: Son sistemas de ingeniería que aprovechan recursos de la naturaleza para limpiar residuos del agua. Básicamente, consisten en un terreno sobre el cual se coloca un material impermeable para evitar que el líquido se filtre en el subsuelo.
7. Ambiente: Conjunto de elementos bióticos y abióticos y fenómenos físicos, químicos y biológicos que condicionan la vida, el crecimiento de los organismos.
8. Antropogénico: Son el resultado de actividades humanas, tales como el vertido y los derrames.
9. Área de influencia: Hace referencia al espacio en el que tiene impacto ambiental y sociocultural, resultado de las actividades hidrocarburíferas.
10. Área de influencia directa: El espacio en el que tiene un impacto directo y evidente durante la realización del trabajo, los impactos socioambientales.
11. Control ambiental: Monitoreo externo, sistemático y periódico sobre el desarrollo y la calidad de procesos verificando que se ajusten al modelo inicial.
12. Descargar: Vertido de agua residual o de los líquidos contaminantes al ambiente durante un periodo determinado o permanente.
13. Desecho: Denominación genérica de cualquier tipo de agua residual proveniente de las actividades humanas.
14. Disposición final: Forma o sitio de almacenamiento definitivo o bien forma de destrucción de desechos.

15. Efluente: Hace referencia al flujo hacia el exterior, descargado como desecho con o sin un tratamiento previo.
16. Emisión: Descarga de contaminantes hacia la atmosfera.