



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Macetas inundables [Mecatrónicas]

TESINA

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Erick Omar Adeath Cantú

DIRECTOR DE TESINA

M. en I. Humberto Mancilla Alonso



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

- Resumen
 - I. Marco teórico
- a) Antecedentes
 - i. Sitio de estudio
 - ii. Historia
 - iii. Caracterización del sitio
- II. Justificación
- a) Relevancia
- b) Marco conceptual
- c) ¿Para qué?
- d) Beneficios
- e) Casos análogos
- III. Metodología
- 1. Evaluación del problema
 - 1.1 Encuestas de Percepción al Usuario (EPUS)
- 2. Formulación de alternativas
 - 2.1 Convenios
- 3. Evaluación y diseño de alternativas
 - 3.1 Composición del proyecto desarrollada
- IV. Financiamiento
- 1. Viabilidad Financiera
- 2. Impacto
 - V. Implementación
 - VI. Evaluación
- 1. Viabilidad socioeconómica
 - a. Impacto ambiental de la innovación
 - b. Impacto social
- VII. Resultados
- VIII. Conclusiones

Referencias

Este trabajo fue realizado con la exhaustiva y amplia participación de los integrantes del proyecto “Macetas Mecatrónicas” quienes apoyaron en la participación de este documento con las aportaciones en conocimientos y técnicas que cada uno posee formando parte del **Programa de Desarrollo Sustentable y Ecología del Club de Mecatrónica de la Facultad de Estudios Superiores Aragón**. A su vez este proyecto involucra el trabajo desarrollado por parte de cada uno de los integrantes, Erick Omar Adeath Cantú (Ingeniería Civil), Manuel Emiliano Moreno Pérez (Urbanismo), Armando Macías Frías (Arquitectura), Fernando Aaron Montiel Flores (Ingeniería Mecánica).

Resumen

El proyecto Macetas Mecatrónicas se centra en abordar la desertificación en suelos mediante sistemas de control hidráulicos de vanguardia. Estas macetas permiten la captación pluvial y controlan la humedad del sustrato para optimizar el crecimiento del bioma vegetal; favoreciendo así la biodiversidad local y generando microclimas. La separación del suelo mediante geomembrana, permite gestionar el agua y mejorar su calidad y con ello, la calidad del suelo independientemente de cuál sea su condición. Estas macetas inundables rescatan espacios inutilizados convirtiéndolos en espacios aptos para el crecimiento vegetal. Representan una solución eficaz y sustentable, fomentando la restauración de ecosistemas degradados y promoviendo una coexistencia armoniosa entre naturaleza y actividades humanas. Su implementación no solo revitalizará áreas afectadas, sino que también servirá como arquetipo para la conservación y restauración de micro-ecosistemas en polígonos afectados por la erosión.

Durante el desarrollo del proyecto se diseña, planea y desarrolla una técnica y mecanismo de cambio de suelo integrado con un sistema de control elaborado por el club de Mecatrónica de la FES Aragón. Este procedimiento no sólo ayudara a combatir la desertificación en la FES, sino que su alcance puede combatir la desertificación en áreas afectadas en toda la zona urbana brindando servicios ecosistémicos que ayudan a incrementar la funcionalidad de los espacios que fungen como nodos de interacción socioambiental. Así como la vinculación con otros equipos de trabajo de la FES y la propuesta y puesta en marcha de actividades como el “Proyecto de renovación verde” en donde se presentan proyectos desarrollados por el alumnado, estatus de los proyectos y objetivos. Además de coincidir con el plan de mantenimiento y preservación de las áreas verdes de la FES Aragón; en acuerdos de las reuniones con el encargado de la

superintendencia, el jefe de la carrera de ingeniería mecánica y el jefe de la división de las ciencias físico matemáticas y de las ingenierías se planea llevar a cabo el prototipo del proyecto.

I. Marco teórico

a. Antecedentes

i. Sitio de estudio

Facultad de Estudios Superiores Aragón, Av. Universidad Nacional S/N, Bosques de Aragón, 57171 Cd. Nezahualcóyotl, Méx.

ii. Historia

El surgimiento de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales (ENEP) se aprueba el 23 de septiembre de 1975, como parte del proyecto de descentralización de la UNAM, que buscaba acercar la educación a la periferia de la capital. Ofertando de inicio 10 licenciaturas, no fue hasta 30 años después, un marzo de 2005 con la implementación de los grados de Maestría y Doctorado que la escuela obtendría el título de Facultad de Estudios Superiores (FES).

La FES Aragón (FES-A), es una institución educativa universitaria pública, ubicada en el municipio de Nezahualcóyotl, Estado de México. Actualmente ofrece 14 licenciaturas en el sistema escolarizado y 3 en el Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED), estudios de Posgrado e Investigación con dos programas de especialización, seis de maestría y tres de doctorado; incorporados al Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT).

La FES-A desarrolla un papel crucial al ofrecer educación superior de calidad contribuyendo al desarrollo académico, cultural y social de la región; sirve como centro de investigación y formación de profesionales que impactan en diversos sectores activos.

Cuenta con un Centro de Investigaciones Multidisciplinario y un Centro Tecnológico (CTA) para vincular a la comunidad universitaria hacia la creación de equipos de trabajo multidisciplinarios e interdisciplinarios.

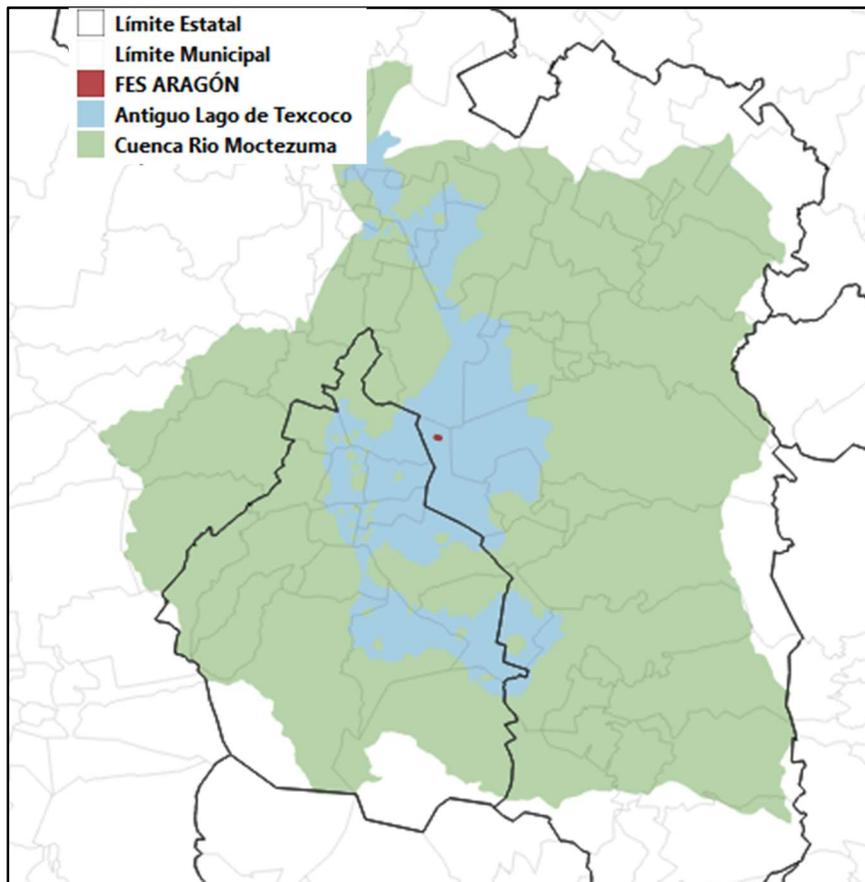
Ofrece también, diversas actividades para la comunidad externa, como lo son: talleres y seminarios, cursos culturales y de expresión artística, diplomados y educación de estudiantes con discapacidad múltiple y discapacidad sensorial; contribuyendo así de manera integral al desarrollo poblacional.

iii. Caracterización del sitio

La estructura edafológica está compuesta por **suelos aluviales sódico-salinos**, estos producen efectos de erosión e intemperismo.

Están conformados principalmente por **arcillas, gravas y limos**, resultando en grandes limitaciones para el crecimiento del bioma vegetal y en una alta susceptibilidad a presentar asentamientos estructurales.

La topografía baja de la cuenca endorreica del lago de Texcoco también contribuye a la **acumulación de agua superficial**, generando inundaciones dentro del campus y en zonas colindantes. Estas condiciones han contribuido en gran medida a la pérdida de áreas verdes y espacios públicos para la comunidad aragonesa.



Elaboró: @emiliano_974 . Fuente: IDEA - UNAM, Portal de datos abiertos INEGI.

En 2023 se realizó un estudio de suelo de las áreas verdes en la FES-A.

Se realizaron las siguientes pruebas para la recabación de datos que ayudaron a conocer la composición del suelo y la relación entre la desertificación en zonas verdes.

- a) Excavación: Se realizó una excavación de 5cm de profundidad en el predio seleccionado.
- b) Muestreo: Se recogen 6 muestras, 3 secas y 3 húmedas.
- c) Pruebas: Se añade a la primera prueba agua destilada, después se agita el concentrado con el agua para finalmente esperar la decantación.
- d) Materia orgánica: Se coloca con un gotero agua oxigenada hasta observar la efervescencia, la cual nos indicará la presencia de materia orgánica.
 - i) La muestra mostró efervescencia, por lo que el suelo contiene materia orgánica
 - ii) Tardó 50 segundos en reaccionar.
- e) El suelo seco en la escala de Munsell indica que el color del suelo está en el rango de $\frac{3}{4}$ *DARK YELLOWISH BROWN*.
- f) El suelo húmedo en la escala de Munsell indica que el color del suelo está en el rango de $\frac{3}{1}$ *VERY DARK GREY*
- g) Friabilidad y textura seca: Se toma tierra seca en puño y se intenta la desintegración de la misma para obtener su grado de compactación para finalmente soltar y observar los residuos sobre la palma.
- h) Friabilidad y textura húmeda: Al igual que en el punto anterior se realiza la misma actividad.
- i) Con el estudio de proporcionalidad del suelo se encuentra que el 7.35% es arcilla, 41.17% es limo y el 51.47 es arena.
- j) Se toma la muestra para el estudio de pH en donde el valor arrojado es de 13. Siendo un suelo muy **alcalino**, generalmente son **impermeables**, lo que genera una lenta infiltración y percolación del agua a través del suelo, impidiendo un desarrollo óptimo de las plantas.

La FES-A presenta tanto desafíos como oportunidades específicas en términos del tipo de suelo y entorno ecosistémico.

Con esta tipología de sustrato particular, se presentan oportunidades creativas para implementar estrategias innovadoras que promuevan la sostenibilidad y un aprovechamiento responsable de los recursos naturales.

La integración de soluciones que se **familiaricen con el medio natural y satisfagan una necesidad social** convierte estos desafíos en oportunidades que responden de mejor manera ante su entorno, convirtiendo los desafíos en activos que **conducen hacia un campus más resiliente y mejor adaptado a su entorno**.

II. Justificación

a) Relevancia

La **desertificación**, consecuencia de diversos factores climáticos y antropogénicos ha orillado a la pérdida de espacios verdes en distintas zonas de todo México. Entre estos espacios afectados se encuentra la FES-A ubicada en el nororiente de la Zona Metropolitana del Valle de México, emerge como un enclave fundamental en la exploración de soluciones ante este fenómeno.

Los espacios erosionados dentro de la FES-A representan una valiosa oportunidad de brindar a los estudiantes y a la comunidad universitaria **entornos multifuncionales** capaces de fomentar el estudio, descanso y confort; a la par que impulsamos un ambiente mucho más responsivo.

Por tanto, el **objetivo general** de este proyecto es abordar la desertificación en suelos mediante la implementación de un sistema que permita a través de sistemas de control hidráulicos y biológicos que optimicen el crecimiento del bioma vegetal; contribuir a la gestión sostenible del agua en áreas específicas con el fin de combatir la erosión del suelo y prevenir inundaciones, se pretende captar, limpiar, almacenar y utilizar el agua pluvial para automatizar el mantenimiento del espacio verde (Macetas Mecatrónicas).

Desarrollando así los **objetivos específicos**:

1. Diseñar y fabricar macetas mecatrónicas equipadas con sistemas de captación pluvial y control hidráulico, con base en tecnologías innovadoras para la gestión eficiente del agua y la regulación de la humedad del suelo.
2. Implementar geomembranas que permitan una clara distinción entre el suelo endémico contra el sustrato mejorado, promoviendo así la restauración de ecosistemas degradados y la optimización del sustrato para el crecimiento vegetal en áreas afectadas por la desertificación.
3. Evaluar el rendimiento y la eficacia de las macetas mecatrónicas en la captación y retención de agua de lluvia, así como en el control de la humedad del suelo, mediante estudios de campo y monitoreo continuo.

b) Marco conceptual

01. Espacios verdes:

“Toda superficie cubierta por vegetación natural o inducida que se localice en el área urbana”, estas áreas ofrecen servicios ambientales con la integración y caracterización de la cobertura vegetal con distintos beneficios tanto sociales como ambientales.

Su propósito principal es proporcionar un espacio abierto y natural dentro de entornos urbanos o suburbanos, que beneficie tanto a la comunidad como al medio ambiente.

Contribuyen a mejorar la calidad del aire, reducir la huella de calor urbana, fomentar la biodiversidad, brindar oportunidades para actividades recreativas y promover el bienestar físico y mental de las personas. Además, desempeñan un papel importante en la estética urbana y en la creación de entornos más saludables y sostenibles para vivir. (*Secretaría del Medio Ambiente, 2017*).

02. Desertificación

La ONU -que lucha contra la desertificación desde 1994- la define como el proceso de degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como resultado de diversos factores climáticos y humanos. Con el cambio climático, dichos factores no han hecho sino multiplicarse y al día de hoy está considerado uno de los principales problemas ambientales del planeta. El concepto no se refiere a la expansión física de los desiertos existentes, sino a los diversos procesos que amenazan con convertir en desiertos ecosistemas que actualmente no lo son. (*Iberdrola, 2020*)

La solución a escala local para frenar la desertificación es una gestión sostenible de los recursos naturales, en especial la conservación de los suelos fértiles y de los recursos hídricos. En ese sentido, algunas de las claves que pueden ayudar a evitar la desertificación son:

- Preservar la cubierta vegetal, que tiene un papel clave en la protección del suelo ante la erosión del viento y el agua, construyendo barreras y estabilizando dunas.
- Impulsar la educación sobre el cambio climático para aumentar la concienciación, mostrando en concreto las consecuencias de la desertificación y las formas de prevenirla.
- Apostar por la agricultura ecológica y por ciertas prácticas sostenibles, como los cultivos de cobertura o de rotación, que evitan la erosión del suelo y previenen la sequía.
- Apostar por la reforestación para regenerar la cubierta vegetal, reactivar la circulación de humedad y generar biodiversidad.

03. Infraestructura Verde Urbana

De manera general, se puede hacer referencia a la infraestructura verde como un sistema en el que interactúan las esferas humana y ambiental, siendo esta última uno de los principales soportes para el desarrollo y calidad de vida del ser humano, al proporcionar los **servicios ecosistémicos** indispensables para el funcionamiento de las distintas dinámicas urbanas, incluyendo la movilidad (i.e. microclima amigable para caminar o usar la bicicleta).

Aunque no cuenta con un marco conceptual homogéneo, prevalecen algunos principios que lo convierten en un hito para la planeación del desarrollo urbano, en la que se da cada vez mayor importancia al ámbito natural, considerando la mitigación y adaptación al cambio climático como sus principales beneficios. (CEPAL-ONU 2002, en Hinojosa, 2014).

04. Servicios Ecosistémicos

Son los beneficios directos e indirectos que los ecosistemas proporcionan a los seres humanos y a otros organismos. Estos servicios pueden ser de diferentes tipos y abarcan una amplia gama de funciones. Son fundamentales para el bienestar humano, ya que sustentan nuestra vida y nuestra economía. Sin embargo, muchas veces estos servicios no son reconocidos ni valorados adecuadamente, lo que puede llevar a su sobreexplotación o degradación.

Se pueden clasificar en cuatro categorías principales:

- **Servicios de Abastecimiento.** Estos servicios incluyen la provisión de recursos tangibles directamente útiles para los seres humanos, como alimentos, agua, madera, fibras, combustibles, entre otros.
- **Servicios de Regulación.** Se refieren a los beneficios que los ecosistemas brindan al regular procesos naturales y proporcionar servicios ambientales esenciales, como la regulación del clima, la calidad del aire y del agua, la prevención de inundaciones, la protección contra la erosión del suelo, el control de enfermedades y la polinización de cultivos por parte de insectos y otros animales.
- **Servicios Culturales.** Son de naturaleza más intangible y se refieren a los beneficios no materiales que los ecosistemas ofrecen a las personas, como el valor estético y espiritual, las oportunidades recreativas y educativas, la inspiración artística y cultural, y el sentido de identidad y pertenencia a un lugar.
- **Servicios de Soporte.** Son fundamentales para la provisión de los otros servicios ecosistémicos y para el funcionamiento saludable de los ecosistemas en general. Proporcionan las bases físicas y biológicas necesarias para el funcionamiento de los ecosistemas y el suministro sostenible de los otros servicios.

05. Marcos epistemológicos

Los marcos epistemológicos son conjuntos de principios, **teorías, métodos y enfoques** que guían la forma en que se entiende y se **produce conocimiento** en un área particular de estudio o investigación. Estos marcos proporcionan una estructura conceptual dentro de la cual se pueden formular preguntas, realizar investigaciones, interpretar datos y construir argumentos. Los marcos epistemológicos pueden variar según el campo de estudio y la perspectiva teórica adoptada, y son fundamentales para establecer las **bases conceptuales y metodológicas** sobre las cuales se desarrolla la investigación y se avanza en el conocimiento dentro de una disciplina específica.

En el contexto de este proyecto la biología, la ingeniería civil, la ingeniería mecatrónica, el urbanismo y la arquitectura, adoptan perspectivas desde diferentes puntos de vista que integran conocimientos técnicos, científicos y sociales para abordar problemas complejos como el diseño y **desarrollo de infraestructura verde**.

Además, el marco epistemológico también incorpora consideraciones de sostenibilidad y resiliencia urbana, que se reflejan en la inclusión de componentes complementarios en las macetas inundables para la **gestión del agua de lluvia**. Estos componentes, están diseñados para mitigar los efectos. Aunado, la implementación de vegetación en las macetas contribuye a purificar el agua y filtrar el aire, demostrando cómo el proyecto se alinea con la provisión de servicios ecosistémicos y culturales en el entorno urbano. de las sequías, promover la infiltración del agua y mejorar la calidad de la misma.

06. Transdisciplina

En contraste con la interdisciplina, que implica la colaboración entre disciplinas, pero mantiene cierto grado de autonomía entre ellas, la transdisciplina busca una integración más profunda y holística, reconociendo la necesidad de comprender la complejidad de los fenómenos. *(Francisco José Paoli Bolio, 2018)*

La transdisciplina implica la colaboración activa entre diferentes disciplinas, así como la participación de diversos actores sociales, como comunidades locales, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, y el sector privado.

Este enfoque busca superar las limitaciones de las disciplinas individuales al fomentar la co-creación de conocimiento y la búsqueda de soluciones innovadoras para los desafíos contemporáneos. Por lo que se realizó una Encuestas de Percepción al Usuario (EPUS) a la comunidad aragonesa, involucrando la participación en la toma de decisiones.

c) ¿Para qué?

El objetivo principal es mejorar los espacios públicos y dotarlos con infraestructuras verdes urbanas que conlleven una mejora significativa de la calidad de vida.

Al proporcionar áreas verdes funcionales, se logra un entorno psicosocial más saludable y agradable. Además, la gestión integral de espacios verdes al optimizar el uso del espacio contribuye a la construcción de entornos urbanos sostenibles y resilientes, permite aumentar la biodiversidad y con ello los servicios ecosistémicos.

Este proyecto se alinea directamente con la mitigación de riesgos y el cambio climático al prevenir la erosión del suelo y gestionar eficientemente el agua.

Autores como Dobbs (2013), consideran a la infraestructura verde como una estrategia altamente efectiva para enfrentar el cambio climático debido a que se sustenta en el funcionamiento natural de los elementos ecológicos de las ciudades (vegetación, suelo, agua). Por su parte, Vázquez (2016), señala que este tipo de infraestructura puede contribuir a incrementar los niveles globales de resiliencia del sistema urbano-ecológico, mejorando su preparación para escenarios de alta incertidumbre y proveer de servicios ecosistémicos que son relevantes para enfrentar el cambio climático en las ciudades.

d) Beneficios

El acceso a espacios verdes está asociado con **beneficios en la salud**: como una mayor esperanza de vida, menor mortalidad prematura, menor probabilidad de problemas en la salud mental, una mayor función cognitiva, etc.

Además de los efectos positivos en la salud humana, la contaminación ambiental, los niveles de calor y ruido se ven disminuidos e integran la posibilidad de ocupación de estos espacios para actividades recreativas y la interacción social. Un estudio de "Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)" mostró que los infantes en una escuela con mayor área de espacios verdes tenían un **desarrollo cognitivo** mayor respecto a otras escuelas con una menor área de espacios verdes, además de presentar menores problemas de salud mental en su crecimiento hacia la vida adulta. (Nieuwenhuijsen & Losada, 2021)

Los espacios verdes contribuyen a la **mitigación del cambio climático** con la reducción de la huella de calor y no tan significativamente la disminución de CO₂ -debido al bajo porcentaje que representan las ciudades con las emisiones de CO₂-. Las áreas verdes mejoran los ecosistemas además de modificar benéficamente los microclimas, disminuyendo contaminantes en la atmósfera y brindando una mejor calidad de vida a los ciudadanos. (Secretaría del Medio Ambiente y Derechos Sostenibles, 2023).

Las soluciones basadas en la naturaleza son acciones para proteger, gestionar de manera sostenible y restaurar ecosistemas naturales o modificados que abordan los desafíos

sociales de manera efectiva y adaptativa, proporcionando simultáneamente beneficios para el **bienestar humano y la biodiversidad**.

La Infraestructura Verde Urbana (IVU) es una herramienta que proporciona beneficios ecológicos, económicos y sociales a través de este tipo de soluciones. Dicho de otro modo, la IVU proporciona una red de interconexión urbana con la naturaleza, áreas seminaturales y espacios verdes, que brindan **servicios ecosistémicos**, que sustentan el bienestar humano y la calidad de vida. *(Borja Castro Lancharro - Ophélie Chevalier - Héctor Cordero, 2023)*

La incorporación de la IVU a las ciudades y centros urbanos pueden traer numerosos beneficios que den **respuesta a las amenazas climáticas** a las que se enfrentan, las cuales incluyen aumentos de temperatura e islas de calor, sequías, inundaciones, procesos erosivos y pérdida de biodiversidad, entre otros. Para ello la IVU puede ser concebida como acciones correctoras sobre situaciones preexistentes o ser incluida en la planificación urbana y diseño de operaciones. *(Banco Interamericano del Desarrollo, 2023)*

e) Casos Análogos

- **Jardines de lluvia y parques de inundación**

Este es un proyecto de estrategia urbana para el aprovechamiento de las áreas verdes para gestionar el agua de lluvia acumulada. Su diseño puede ser implementado como:

- a) Parques de inundación en periodos de lluvia con su funcionamiento en el almacenaje de agua
- b) Espacios verdes que filtran y evitan el sobre saturamiento del sistema de drenaje y alcantarillado

Con la implementación de la infraestructura se incluyen componentes complementarios que ayudan a la disminución de la velocidad de escorrentía como las superficies herbáceas junto con las zonas arenosas para el fomento de una rápida infiltración, las depresiones que permitan la acumulación de agua con arbustos y árboles facilitando la evapotranspiración y detenimiento del agua de lluvia. *(Quiroz Diana, 2018)*

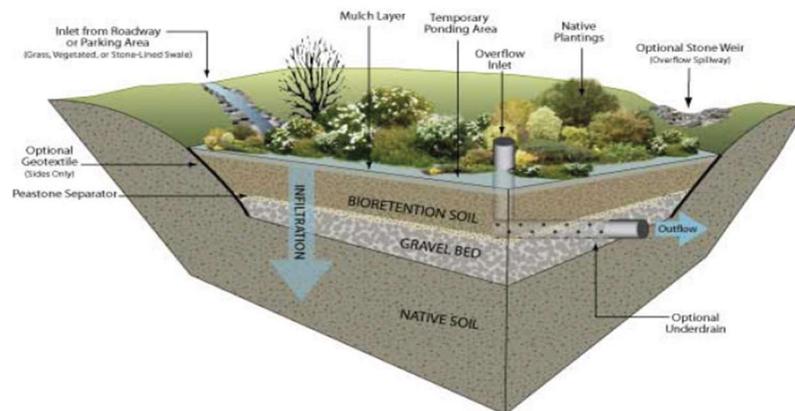
Estos componentes nos proporcionan los servicios ecosistémicos, la regulación del agua, la mitigación de los efectos de las sequías, la recarga de los acuíferos, la purificación del agua, mejora de recursos genéticos del ecosistema y proporcionan servicios culturales y de recreación en el entorno.

La implementación de esta infraestructura verde se basa en el diseño y en concordancia del sistema de drenaje de la ciudad o comunidad a trabajar de manera que reduzca el

caudal vertido a este mismo. Se priorizan las zonas más deprimidas que permitan la evacuación de aguas, complementándose con colectores cada determinada distancia (dependiendo de la pendiente) llevando el exceso de agua hacia el área de almacenamiento. En muchos casos, estos espacios verdes se combinan con infraestructura gris, como sistemas de drenaje convencionales, para gestionar de manera integral el agua de lluvia. Cuando la capacidad de almacenamiento de los jardines de lluvia y parques de inundación se ve superada durante lluvias extremas, el excedente de agua se vierte al sistema de alcantarillado tradicional para garantizar su funcionamiento normal.

Los principales servicios ecosistémicos que proveen son:

1. Reducción de las inundaciones
2. Mitigación de las sequías
3. Recarga de acuíferos
4. Mejora de la calidad del agua
5. Mejora de la biodiversidad



Esquema de capas. Sun Valley Landscaping. 2016



Fuente: Plantación. MPCA Photos. 2008

- **Parterres verdes**

Esta infraestructura proporciona un sistema de almacenamiento y filtración rápida de la escorrentía permitiendo filtrar y depurar de manera natural llevándola hacia el sistema de drenaje subterráneo sostenible. Este sistema también es llamado Jardines de inundación debido a la similitud. La implementación de los servicios ecosistémicos ayuda a la regulación de agua, la mitigación de los efectos de sequía, la recarga de los acuíferos, la purificación del agua, la mejora de los recursos del ecosistema; todo esto anterior basado en la técnica de fitorrecuperación que es la descontaminación y restauración de las aguas superficiales y subterráneas haciendo aquí el uso de plantas herbáceas de crecimiento rápido permitiendo el correcto desarrollo de las plantas y la filtración del agua.

Se recomienda que este sistema esté conectado al sistema de drenaje subterráneo con los canales de percolación o vertido. En zonas en donde el agua está altamente contaminada, se recomienda impermeabilizar la capa subterránea para evitar filtraciones a los acuíferos o al sistema de drenaje natural. Para el sistema de infraestructura se seleccionarán las plantas a utilizar dependiendo la zona basándose en las RECOMENDACIONES TÉCNICAS 53, así para el uso y la incorporación de los servicios ecosistémicos se seleccionan los más relevantes de acuerdo a la ciudad y la zona aunque también se podrán utilizar otros para mejorar la biodiversidad en el lugar. Se debe evitar colocar en zonas con sombra excesiva

debido a que la vegetación herbácea no crece apropiadamente. En caso de lluvias extremas y periodos de inundación largos el sistema puede verse sobrepasado.

La efectividad de los parterres verdes depende del tipo de diseño que se realice y la efectividad actuará entre un 50% y 65% de reducción en las inundaciones siempre y cuando los diseños se realicen apropiadamente. Se eliminarán los contaminantes eficientemente poniendo en ventaja un menor costo con respecto a una instalación de tratamiento. Se pueden eliminar contaminantes orgánicos, metales, hidrocarburos y otros sólidos en suspensión con el funcionamiento de las especies herbáceas como filtradoras.

“Los costos de inversión varían entre US\$16 y US\$88 por m² de superficie, dependiendo de la vegetación, dimensión, diseño de canales de captación y sistema de drenaje. Los gastos de mantenimiento varían entre los US\$0,5 y US\$456. No obstante, estos costos varían en función del país y el diseño. Tanto los parterres como los jardines de biorremediación son rentables a pequeña escala. A una escala muy grande resulta muy costoso y es más recomendable diseñar jardines de lluvia.

Al igual que los de jardines de lluvia, no suponen un gran desafío, ya que incluso en zonas ya urbanizadas se pueden rediseñar los espacios para construirlos. Del mismo modo, son soluciones viables en la región, tanto económica como técnicamente.”



Parterre en carretera.
Fuente: Springer Open, 2012



Parterre de nueva construcción.
Fuente: Borja Castro, 2020.

- **Parque Cuitláhuac, de relleno sanitario a zona recreativa en Iztapalapa**

El terreno pasó de convertirse en un tiradero que existía desde 1948 a un **relleno sanitario**¹ en 1982 en donde vivían cientos de personas alrededor del lugar, expuestas a todos los peligros de salud debido a estos contaminantes presentes. Fue hasta después de la clausura (1982) que en 2019 se iniciaron labores para el rescate y rehabilitación de este espacio para convertirlo en una zona de recreación contando con módulos de juegos infantiles, un área para perros, una pista de patinaje de 7 mil 300 metros cuadrados, una pista para correr, campo de béisbol, un área de parkour, además de un pabellón hidrobotánico y una hectárea de humedales. Además, se usó abono producido en la granja del parque para agregarle a cada árbol un sustrato biológico con microorganismos benéficos, nutrientes orgánicos y triturados, se fabricaron 30,000 m² de materiales de construcción de alta resistencia con 34,200 toneladas de arena proveniente de la trituración del cascajo y 30,000 toneladas de PET. El parque Cuitláhuac cuenta con un área total de 141 hectáreas donde un 90% de la construcción fue realizada con materiales reciclados.

El espacio construido dispone de un área con una planta de tratamiento de aguas residuales incorporada con humedales artificiales para completar el proceso de limpieza del agua para después utilizar esta misma agua para el riego del parque. Para la construcción de este parque se tuvo que hacer un nivelado del suelo con una **geomalla**² para aislarlo de la basura en la superficie, además después de este nivelado se incorpora una **geomembrana**³ para evitar la contaminación del suelo que tendrá el parque. (Presidencia de la república, 2020)

Se necesitaron alrededor de 210 especialistas que participaron para poder llevar a cabo el diseño y construcción más adecuado considerando entre los criterios más importantes en el proceso:

1. Inclusión
2. Resiliencia
3. Regeneración
4. Innovación

¹ **Relleno sanitario:** Es un sitio de disposición final de residuos para su control y eliminación de residuos sólidos urbanos. (Decología.info, n.d.)

² **Geomalla:** Una geomalla es un geosintético que se usa para refuerzo, estabilización y filtración en ingeniería civil y geotécnica. (Tensar, n.d.)

³ **Geomembrana:** Las geomembranas son telas plásticas y flexibles elaboradas de uno o más materiales sintéticos que son usadas para impermeabilizar. (Geomembranas Mexicanas, n.d.)



Superficie del Parque Cuitláhuac, primera etapa. Fuente: @SEDEMA_CDMX



Superficie del Parque Cuitláhuac. Fuente: @SEDEMA_CDMX

“El parque Cuitláhuac se caracteriza por tener vinculación intersectorial, perspectiva sistémica, eficacia de recursos, comunicación asertiva con difusión y, sobre todo, una visión a largo plazo que pueda garantizar su sostenibilidad con el paso de los años.” (Asociación Nacional de Parques de Recreación en México, 2021)



Parque ecológico Cuitláhuac

Fuente: Asociación Nacional de Parques de Recreación en México, 2021

III. Metodología

1. Evaluación del problema

Para tener datos y evidencias se utilizan los métodos cuantitativos y cualitativos en donde el análisis evidenció la problemática sobre la desertificación, acentuada por el cambio climático, ocasionando la pérdida de espacios con características funcionales para el ámbito académico, ecológico, psicológico y social que podrían ser aprovechados en las instalaciones de la FES Aragón.



Imagen 1. Área y perímetro de la FES. Elaboración propia. Google Earth



Imagen 1-2 Áreas a trabajar de la FES. Elaboración propia. Google Earth

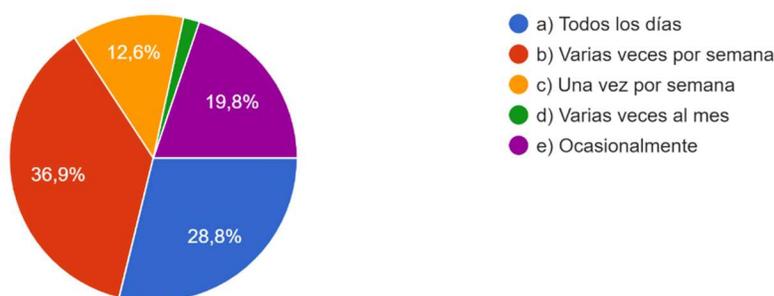
1.1 Encuestas de Percepción al Usuario (EPUS)

Las encuestas de percepción al usuario son herramientas de investigación que se utilizan para recopilar información sobre las opiniones, actitudes, preferencias y experiencias de las personas que utilizan o interactúan con un producto, servicio o entorno específico. En el contexto de las macetas mecatrónicas, las encuestas de percepción al usuario pueden ayudar a comprender mejor las necesidades, expectativas y deseos de los usuarios finales.

Además, con el fin de conocer mejor la opinión del potencial usuario, se llevó a cabo una encuesta entre los alumnos del plantel, enfocada en la rehabilitación de las áreas verdes y su potencial impacto en ellos, por lo que a continuación se anexa el cuestionario con sus respectivas gráficas y análisis de datos.

1. ¿Con qué frecuencia visitas las áreas verdes dentro de la FES Aragón?

111 respuestas



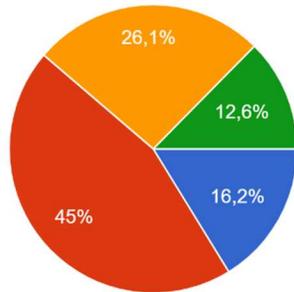
2. ¿Qué actividades realizas con mayor frecuencia cuando visitas las áreas verdes dentro de la FES Aragón?

111 respuestas



3. ¿Qué aspectos consideras más importantes para mejorar en las áreas verdes dentro de la FES Aragón?

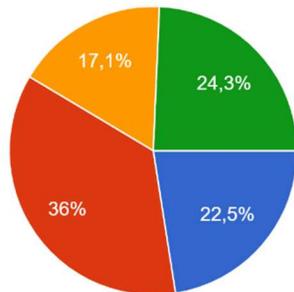
111 respuestas



- a) Más áreas de descanso y bancas
- b) Implementación de medidas para adaptarse al clima local (por ejemplo, sombreado, fuentes de agua, áreas de refrescamiento)
- c) Mayor variedad de flora y espacios verdes bien cuidados
- d) Mejora en la limpieza y mantenimiento general

4. ¿Cuál crees que sería el beneficio más importante de recuperar y mejorar las áreas verdes dentro de la FES Aragón?

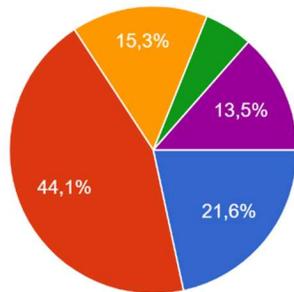
111 respuestas



- a) Mejorar la calidad de vida de los estudiantes y personal
- b) Fomentar la conexión con la naturaleza y el medio ambiente
- c) Proporcionar espacios para actividades recreativas y deportivas
- d) Contribuir a la salud física y mental de la comunidad estudiantil

5. ¿Cómo crees que la existencia de áreas verdes recuperadas dentro de la FES Aragón podría contribuir a mejorar tu desempeño académico?

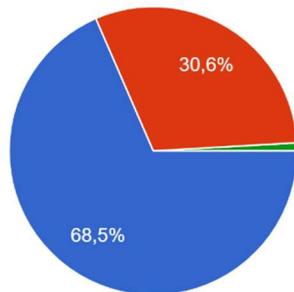
111 respuestas



- a) Proporcionando espacios tranquilos para estudiar y concentrarse.
- b) Reduciendo el estrés y la ansiedad, lo que podría mejorar mi rendimiento...
- c) Fomentando un mayor sentido de bienestar y felicidad, lo que podría mo...
- d) Brindando oportunidades para realizar actividades físicas que ayude...
- e) Mejorando la calidad del aire y proporcionando un entorno más salud...

6. ¿Consideras que la recuperación de áreas verdes dentro de la FES Aragón podría fortalecer el sentido de comunidad entre los estudiantes y el personal?

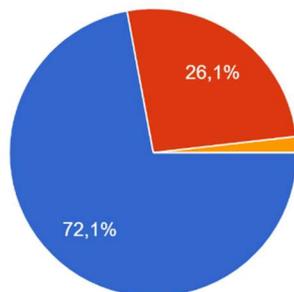
111 respuestas



- a) Sí, definitivamente
- b) Tal vez, depende de cómo se organicen las actividades y se promueva la participación.
- c) No estoy seguro/a
- d) No creo que tenga un impacto significativo en el sentido de comunidad.

7. ¿Crees que la presencia de áreas verdes recuperadas podría fomentar el cuidado del medio ambiente entre los estudiantes de la FES Aragón?

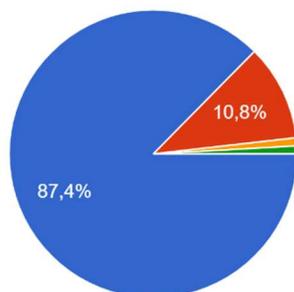
111 respuestas



- a) Sí, podría aumentar la conciencia ambiental y promover prácticas más sostenibles.
- b) Tal vez, depende de cómo se eduque a la comunidad sobre la importancia de cuidar el entorno.
- c) No estoy seguro/a.
- d) No creo que tenga un impacto significativo en la conciencia ambiental.

8. ¿Estarías de acuerdo en que la recuperación y mantenimiento de las áreas verdes dentro de la FES Aragón debería ser una responsabilidad comparti... entre la institución y la comunidad estudiantil?

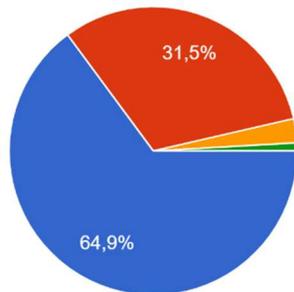
111 respuestas



- a) Sí, considero que ambos deben colaborar para asegurar el cuidado de estos espacios.
- b) Tal vez, dependiendo de cómo se organice y promueva la participación.
- c) No estoy seguro/a.
- d) No, pienso que la responsabilidad debería recaer únicamente en la institución.

9. ¿Crees que la falta de áreas verdes adecuadas afecta negativamente el bienestar y la calidad de vida de la comunidad estudiantil y del personal dentro de la FES Aragón?

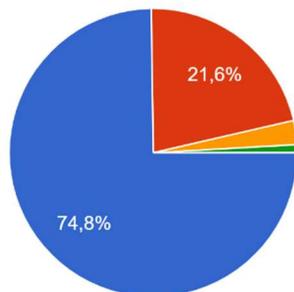
111 respuestas



- a) Sí, definitivamente
- b) Tal vez, podría tener un impacto, pero no estoy seguro/a en qué medida.
- c) No estoy seguro/a.
- d) No, no creo que tenga un impacto significativo en el bienestar y la calidad de vida.

10. ¿Consideras que la recuperación de áreas verdes dentro de la FES Aragón debería ser una prioridad para la institución?

111 respuestas



- a) Sí, es fundamental para mejorar el ambiente y la calidad de vida en el campus.
- b) Tal vez, depende de otras prioridades que la institución tenga en este momento.
- c) No estoy seguro/a.
- d) No, creo que hay otras áreas que requieren más atención por parte de la institución.

Se puede concluir que los alumnos de la Facultad están interesados en la recuperación de las áreas verdes, ya que lo perciben como parte esencial de su desarrollo académico y como una problemática que debe ser suplida por la institución.

2. Formulación de alternativas

En la búsqueda de una restauración ecológica se observó una red de zonas naturales que no están diseñadas y gestionadas para proporcionar de manera adecuada estrategias y proyectos basados en la naturaleza que permitan la implementación de iniciativas multifuncionales que proporcionen la incorporación de servicios ecosistémicos y contrarrestar los efectos negativos que se han acumulado en el tiempo y amenazan la existencia de estos espacios verdes. Por ello se plantea el proceso de inducción y asistencia de la integridad ecológica, o bien, la recuperación de un ecosistema que ha sido dañado o en algunos casos no se ha construido permitiendo la rehabilitación de los espacios verdes y el tejido social. La metodología se basa en los siguientes principios⁴:

- Enfoque sistémico
- Multiescala
- Multifunción
- Resiliencia
- Planeación y diseño colaborativo

2.1 Convenios

Un convenio entre universidades, en este caso entre la Facultad de Estudios Superiores (FES) Aragón de la UNAM y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) Azcapotzalco, para un **intercambio de pilas por abono** a través del Club de Mecatrónica involucraría la colaboración entre ambas instituciones, la planificación cuidadosa de la logística y la promoción del programa entre la comunidad estudiantil y el público en general, con el objetivo de promover prácticas sustentables y contribuir a la protección del medio ambiente de manera colaborativa.

Se elabora un plan detallado que incluye la ubicación de los jardines inundables, el diseño mecatrónico de los sistemas de control de agua, la selección de las especies vegetales adecuadas y la logística para la implementación y mantenimiento de los jardines. Para este último se plantea incrementar la plantilla de trabajadores de la FES Aragón que permita su correcto funcionamiento y evaluación del proyecto.

Además, se busca la colaboración con la Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (DGCORENADR) mediante el programa Basura Cero se planea la incorporación del “tecnosuelo” el cual es un suelo artificial creado a partir de cascajo

⁴ Principios de la infraestructura verde por Mtra. Cristina Ayala (2023), Ponencia sobre infraestructura verde. Licenciatura en Urbanismo. UNAM

dando así la posibilidad de la utilización de este para la producción e incorporación de la revegetación de las zonas urbanas a trabajar⁵.

3. Evaluación y diseño de las alternativas

Basado en la formulación de alternativas, en el enfoque del trabajo multidisciplinario se creó un marco epistemológico⁶ llegando al siguiente diseño:

El proyecto de Macetas Mecatrónicas es un modelo compuesto por diversos sistemas (el biofiltro, el sistema de riego, el sistema de drenado/abastecimiento y el sistema de control ligado a los dos anteriores) que permiten la captación pluvial y controlan la humedad del sustrato para optimizar el crecimiento del bioma vegetal. La geomembrana utilizada actúa como una barrera impermeable que separa el suelo actual de un suelo mejorado para el crecimiento vegetal. Además de reacondicionar el suelo, la geomembrana retiene el agua, permitiendo su uso en el riego de las áreas circundantes. Esta solución eficaz y sustentable promueve la restauración de ecosistemas degradados.

También se pretende tener un control de los procesos que puede haber dentro de la maceta mecatrónica, como lo son los sistemas de riego y drenaje, esto con el fin de reducir la intervención humana al mínimo.

Se diseña el sistema de cambio de suelo empezando con la extracción de la capa superficial para después aislar la parte baja del socavón con una membrana impermeable, que también se utiliza en la cobertura de los rellenos sanitarios, para así colocar el sistema de filtración de agua para evitar inundaciones y contaminación en el suelo nuevo; posteriormente se procede al relleno con materiales pétreos, los cuales ayudan a la limpieza y filtración del agua limpiando de impurezas y sólidos no deseados, después del material de filtración se coloca el suelo mejorado el cual será el mismo incorporado con nutrientes y otros diversos materiales (descritos más adelante) que transforman esta tierra en apta para el crecimiento vegetal. Para finalizar se plantará la vegetación endémica que reemplazará el suelo degradado para incrementar la funcionalidad de los espacios, que fungen como nodos de interacción socioambiental.

⁵ Secretaría del Medio Ambiente. (2022). Desarrollan Sedema y UNAM suelos artificiales a partir del uso del cascajo. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/desarrollan-sedema-y-unam-suelos-artificiales-partir-del-uso-del-cascajo>

⁶ Marco epistemológico: Formas de construir conocimientos entre disciplinas y crear una tarea conjunta. (Ayala,2023)



3.1 Composición del proyecto desarrollada



Imagen 3.2 Modelo del proyecto. Elaboración propia.

a) Extracción de la capa superficial del suelo:

En base al trazo realizado de acuerdo a las características físicas de la zona a actuar y en relación al tipo de vegetación a utilizar se realizará la excavación con la maquinaria correspondiente para después separar el material que después se utilizará integrado con componentes para su mejoramiento. La profundidad será de 1 m.

b) Geomembrana: ¿Cómo funciona?

Son láminas o geo-sintéticos fabricados a partir de polietilenos y se utilizan en diversas obras de la ingeniería con el fin de cubrir una superficie e impermeabilizada favoreciendo la contención de líquidos para evitar la pérdida por filtración. (Geoconcret S.A., n.d.)

En el caso del proyecto la geomembrana se utilizará para aislar el suelo actual de la FES Aragón (suelo salino-lacustre) para después colocar el suelo apto para el crecimiento vegetal (suelo mejorado), la membrana además actuará conteniendo el agua para poder utilizarla en el mismo riego de las áreas a actuar; en caso de haber algún sobrante de agua que no pueda ser utilizada para el riego se dispondrá al sistema de alcantarillado.

c) Geomalla: ¿Cómo funciona?

Una geomalla es un geo-sintético que se usa para refuerzo, estabilización y filtración en ingeniería civil y geotécnica. Poseen gran capacidad para soportar esfuerzos de tensión en dos direcciones. Su función principal es la de reforzar el suelo para mejorar sus propiedades mecánicas. (Roldán, 2021)

Se busca que la Geomalla en el proyecto actúe como soporte en el suelo colocado para evitar que la geomembrana pueda tener algún tipo de ruptura debido a algún asentamiento o esfuerzo.

d) Sistema de control:

Además de la instalación descrita anteriormente, se tiene que tener en cuenta que, debido a las propiedades del sistema, las cuales son la captación y almacenamiento del agua, se necesita de un sistema de drenado, esto con el fin de evitar que el sustrato nuevo tenga un exceso de acumulación de agua, ya que la geomembrana impedirá el flujo natural del agua reteniéndola y posiblemente llegando a un punto donde el agua comience a ser un problema. A continuación, se muestran los distintos tipos de drenado agrícola que existen, las aplicaciones y las condiciones en las que se aplican.

d.1 Drenado

Se tiene que tener en cuenta que debido a las propiedades de la “maceta mecatrónica”, las cuales son la captación y almacenamiento del agua, se necesita de un sistema de **drenado**, esto con el fin de evitar que el sustrato nuevo, se contamine, ya que la “maceta mecatrónica” impide el flujo natural del agua, por cómo se comentó antes, el agua se retiene, llegando a existir un punto donde el agua comienza a ser un problema.

El drenado se realizará por bombeo, el cual dispondrá el agua acumulada en la zona baja del suelo hacía un sitio de disposición final o en su caso se podrá reutilizar el agua para el riego de las áreas verdes, dependiendo del sistema de control, esto se decidirá por medio de programación si el agua se envía a drenaje o a riego.

A continuación, se muestran los distintos tipos de drenado agrícola que existen, las aplicaciones y las condiciones en las que se aplican a través de una tabla que hace la comparación de los métodos de drenado agrícola.

Tipo de Drenaje	Uso Principal	Ventajas	Desventajas
Drenaje Superficial	Áreas con encharcamiento superficial	Fácil de implementar, previene la erosión del suelo	No es eficaz en suelos con drenaje interno deficiente
Drenaje Subsuperficial	Suelos con problemas de drenaje interno	Mejora la aireación del suelo, aumenta la productividad	Requiere una instalación más compleja y costosa
Drenaje por Gravedad	Terrenos con pendientes naturales	Utiliza la pendiente natural del terreno, bajo costo	Limitado a terrenos con pendientes pronunciadas
Drenaje por Bombeo	Terrenos planos o con problemas de drenaje severos	Controla el nivel freático, adecuado para terrenos planos	Requiere energía para el funcionamiento de las bombas
Drenaje Subirrigación	Suelos con problemas de salinidad y drenaje deficiente	Controla la salinidad del suelo, mejora la eficiencia	Requiere un manejo cuidadoso para evitar la acumulación de sales
Drenaje de Contorno	Terrenos con pendientes pronunciadas y riesgo de erosión	Previene la erosión del suelo, conserva la fertilidad	Requiere construcción de estructuras en el terreno

Tabla 1. Esta tabla muestra las ventajas y desventajas de cada método de llevar a cabo el drenado agrícola.

d.1.1 Drenado usados dentro del área de la ingeniería civil y la construcción.

Tipo de Drenaje	Uso Principal	Ventajas	Desventajas
Drenaje Francés	Control del nivel freático alrededor de estructuras	Efectivo para controlar el agua subterránea alrededor de los cimientos. Permite la desviación eficaz del agua lejos de las estructuras.	Requiere excavación significativa. Puede obstruirse con el tiempo si no se mantiene adecuadamente.
Drenaje por Tubos de Succión	Reducción del nivel freático en suelos arcillosos o con baja permeabilidad	Eficiente para suelos con problemas de drenaje. Menos invasivo que el drenaje francés en algunas situaciones.	Requiere mantenimiento regular del sistema de succión. Costo inicial más alto debido a la instalación del sistema de succión.
Drenaje de Colectores Pluviales	Recolección y transporte de agua de lluvia desde superficies pavimentadas	Previene inundaciones en áreas urbanas. Protege la infraestructura urbana de los efectos del exceso de agua de lluvia.	Requiere mantenimiento para evitar obstrucciones en las tuberías. Puede requerir una infraestructura de alcantarillado pluvial existente.

Tabla 1.1. La tabla muestra las ventajas y desventajas de los distintos métodos de drenado usados dentro del área de la ingeniería civil y la construcción.

d.1.2 Drenado en campos deportivos y áreas recreativas

También se hablará del drenado usado en campos deportivos y áreas recreativas, por lo que se hará una explicación de cada una de las formas que existen para llevarlo a cabo.

Método de Drenaje	En qué consiste	Ventajas	Desventajas
Drenaje por gravedad con tuberías perforadas	Instalación de tuberías perforadas para permitir el drenaje por gravedad del agua hacia un sistema de recolección.	Fácil de instalar. Costo relativamente bajo. Es eficaz para drenar áreas extensas.	Requiere mantenimiento regular para evitar obstrucciones. Puede ser menos efectivo en terrenos arcillosos.
Drenaje subterráneo con sistemas de bombas	Instalación de tuberías conectadas a bombas que se activan automáticamente para bombear el agua fuera del área.	Permite controlar el nivel de agua subterránea de manera precisa. Adecuado para áreas con terrenos bajos o propensas a inundaciones.	Costo inicial más alto debido al equipo de bombeo. Requiere energía eléctrica para operar las bombas.
Drenaje de superficie con canales de escorrentía	Creación de canales de escorrentía o zanjas para recoger y dirigir el agua de la superficie hacia puntos de salida designados.	Efectivo para prevenir la formación de charcos y la erosión del suelo. Requiere un mantenimiento mínimo.	Puede afectar negativamente la estética del paisaje si no se diseña correctamente. No es adecuado para áreas con pendientes pronunciadas.
Drenaje de pavimentos porosos	Instalación de pavimentos permeables o porosos que permiten que el agua se filtre a través de la superficie y se infiltre en el suelo subyacente.	Reduce el escurrimiento superficial y promueve la recarga del agua subterránea. Ayuda a prevenir la acumulación de agua en superficies pavimentadas.	Puede ser más costoso que los pavimentos convencionales. Requiere mantenimiento regular para evitar obstrucciones.

Tabla 1.2. La tabla muestra las ventajas y desventajas de los distintos tipos de drenado llevados a cabo en campos deportivos y áreas recreativas.

d.2 Control

Hay tres formas de llevar a cabo el control del sistema de riego y de drenado, los cuales son el PLC, microcontrolador y controlador PID. A continuación, se explicará en qué consiste cada una de ellas y en qué momento se aplica cada uno de ellos.

-PLC (Controlador Lógico Programable):

Un PLC es un dispositivo electrónico programable utilizado en la automatización industrial para controlar procesos y maquinaria. Se compone de una CPU, memoria, entradas y salidas digitales y analógicas, y una interfaz de programación. Los PLC's permiten la ejecución de lógica de control definida por el usuario, lo que los hace altamente flexibles y adaptables a una variedad de aplicaciones industriales.

Los PLC's se utilizan ampliamente en la industria manufacturera, en aplicaciones como líneas de ensamblaje, control de procesos químicos, sistemas de control de tráfico, entre otros. Son ideales cuando se requiere un control preciso y flexible sobre maquinaria y procesos industriales.

-. Microcontrolador:

Un microcontrolador es un circuito integrado que combina una unidad central de procesamiento (CPU), memoria y periféricos de entrada/salida en un solo chip. Está diseñado para realizar tareas específicas en sistemas embebidos. Los microcontroladores se programan para controlar dispositivos y procesos en tiempo real, como sistemas electrónicos de consumo, dispositivos médicos, automóviles, etc.

Los microcontroladores se utilizan en una amplia gama de aplicaciones, desde electrodomésticos hasta sistemas de control industrial. Son ideales cuando se requiere control en tiempo real y baja complejidad en sistemas embebidos. Se pueden encontrar en casi cualquier dispositivo electrónico que requiera control de hardware.

-. Controlador PID (Proporcional, Integral, Derivativo):

Un controlador PID es un algoritmo de control utilizado para mantener un proceso en un punto de ajuste deseado. Se compone de tres términos: proporcional, integral y derivativo, que actúan en respuesta al error entre la salida del proceso y el valor deseado. El término proporcional responde al error actual, el término integral responde a la acumulación histórica de errores, y el término derivativo responde a la tasa de cambio del error.

Los controladores PID se utilizan en una variedad de aplicaciones de control de procesos, desde sistemas de control de temperatura y nivel hasta control de velocidad de motores y posición de actuadores. Son adecuados para sistemas donde se requiere un control continuo y preciso para mantener variables de proceso dentro de límites específicos. Los

controladores PID pueden ser implementados en hardware dedicado, software o combinaciones de ambos.

Características	PLC	Microcontrolador	Controlador PID
Tipo de dispositivo	Dispositivo industrial programable	Chip integrado en sistemas embebidos	Algoritmo de control
Flexibilidad	Alta	Media a alta	Baja
Robustez	Alta	Variable	No aplica (es un algoritmo)
Complejidad	Media a alta	Baja a media	Media
Aplicaciones típicas	Automatización industrial, control de procesos complejos	Sistemas embebidos, dispositivos electrónicos	Control de procesos, sistemas de control automático
Interfaz de usuario	Variedad de interfaces de usuario (HMI) disponibles	Limitada, puede requerir desarrollo personalizado	No aplica (se integra en un sistema de control)
Costo	Moderado a alto	Bajo a moderado	Bajo (generalmente implementado en hardware o software existente)
Programación	Lenguajes de programación específicos (Ladder, FBD, etc.)	Lenguajes de programación de bajo nivel (C, ensamblador)	No aplica (configuración de parámetros)
Entradas/Salidas	Amplia variedad de entradas/salidas digitales y analógicas	Limitado por los pines y periféricos del microcontrolador	No aplica (no tiene E/S directas)

Tabla 2. La tabla muestra las características de los tres tipos de control propuestos en el punto de "Control".

d.3 Sensado (Drenado)

El drenado también necesita un modo de medir el agua contenida dentro de la “maceta mecatrónica”, por lo que se describirán los distintos tipos de sensores para **sensado** que existen para medir el nivel del agua, que en este caso es a nivel subterráneo, debido a las propiedades del sistema.

Método de Medición	Ventajas	Desventajas
Sensores de presión submersibles	Precisos y confiables. Adecuados para aplicaciones de monitoreo a largo plazo.	Costo inicial más alto. Requieren mantenimiento regular para evitar obstrucciones. Pueden ser difíciles de instalar en algunos casos.
Medidores de capacitancia	Sensibles y precisos. No invasivos, no requieren perforación de pozos.	Costo inicial moderado. Pueden verse afectados por la variación de la salinidad del suelo. Requieren calibración periódica.
Medidores de conductividad eléctrica	Económicos y fáciles de usar. Adecuados para suelos con alta conductividad natural.	Menos precisos en suelos con baja conductividad. Requieren mantenimiento para evitar la corrosión de los electrodos.
Piezómetros	Proporcionan mediciones directas del nivel freático. Adecuados para estudios a largo plazo.	Requieren instalación en pozos perforados. No son adecuados para monitoreo en tiempo real. Pueden ser afectados por obstrucciones en el tubo.

<p>Medidores de radar de ondas guiadas</p>	<p>No invasivos, no requieren perforación de pozos. Pueden proporcionar mediciones a distancia.</p>	<p>Menos precisos en suelos con alta conductividad eléctrica. Sensibles a la interferencia electromagnética. Costo inicial más alto.</p>
--	---	--

Tabla 3. La tabla muestra las distintas formas que existen para llevar a cabo la medición del nivel de agua(subterránea).

Elaboración de propuesta

1. Drenado

El sistema de drenado por bombeo es una elección adecuada y efectiva para el proyecto de “macetas mecatrónicas” ubicado en la FES Aragón.

El drenado por bombeo ha demostrado ser uno de los métodos más efectivos para gestionar el agua subterránea de manera eficiente y controlada; ya que como se mencionó, la propiedad principal del proyecto, es la retención de agua. Como se menciona en el **punto d.1.2**, este método se ha utilizado ampliamente en el drenado de campos deportivos y áreas recreativas con resultados exitosos. La capacidad de extraer el agua subterránea de manera rápida y controlada lo convierte en una opción ideal para garantizar que el suelo se mantenga en óptimas condiciones, lo que a su vez promueve un crecimiento saludable de las plantas y evita problemas como el encharcamiento y la erosión del suelo.

En el caso específico de nuestro proyecto en la FES Aragón, donde se pretende recuperar y revitalizar un área verde para el disfrute de los estudiantes, es crucial contar con un sistema de drenado eficiente. La implementación del sistema de bombeo no solo ayudará a mantener el suelo en condiciones óptimas para el crecimiento de las plantas, sino que también facilitará la utilización del espacio como área recreativa. Al mantener el suelo libre de exceso de humedad, se evitan problemas como el lodo y la acumulación de agua estancada, lo que permite a los estudiantes disfrutar del área verde de manera segura y cómoda en diversas actividades recreativas.

Además, el **sistema de bombeo** ofrece la ventaja adicional de ser altamente adaptable a las necesidades específicas del proyecto. La capacidad de controlar el flujo de agua de manera precisa y ajustar la velocidad y la frecuencia de bombeo según sea necesario garantiza una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico. Esto permite mantener un equilibrio adecuado entre la conservación del agua y la protección del entorno natural, lo que es fundamental para garantizar la viabilidad a largo plazo del área verde rehabilitada.

2. Control

En el caso del control, se toma la decisión de emplear el microcontrolador en lugar del PLC o el PID. Esta elección se fundamenta en diversos factores que hacen del microcontrolador una opción altamente favorable en el proyecto.

Primero, se considera el aspecto económico. Como se destaca en la **tabla 2**, el microcontrolador presenta un costo más accesible en comparación con el PLC, lo que resulta en una ventaja significativa en términos de presupuesto. Esta mayor asequibilidad nos permite destinar recursos adicionales a otras áreas del proyecto, maximizando así su eficiencia y alcance.

Segundo, en la evaluación de la complejidad de cada opción, se determinó que el microcontrolador ofrece una facilidad en cuanto a su lenguaje de programación, además el microcontrolador brinda una versatilidad que se adapta mejor a las necesidades específicas del sistema. Su arquitectura flexible permite diseñar y ajustar el control de manera más precisa y eficiente, sin comprometer la calidad ni la funcionalidad del sistema.

Tercero, se centra en la flexibilidad que ofrece cada plataforma. Aunque el PLC se destaca por su alta flexibilidad, el microcontrolador no se queda atrás. De hecho, como se menciona en nuestra tabla de comparación, el microcontrolador ofrece una flexibilidad que va de media a alta, lo que brinda un amplio margen para adaptar el sistema a diferentes requerimientos y condiciones de operación. Esta capacidad de adaptación es especialmente valiosa en un proyecto como el que se quiere realizar.

Finalmente, se destaca la robustez del microcontrolador cuando se emplea de manera adecuada. Si bien es cierto que la robustez del PLC es reconocida en el ámbito industrial, el microcontrolador puede ofrecer un nivel igualmente alto de solidez si se implementa de manera apropiada. Con un diseño cuidadoso y una programación meticulosa, podemos garantizar la fiabilidad y estabilidad del sistema, incluso en entornos exigentes y sometidos a condiciones adversas.

e) Colocación del nuevo suelo:

Se incorpora el mismo sustrato nutrido mediante alga espirulina y abono (UAM). Posteriormente de la incorporación del material pétreo y el sistema de control, se procederá al relleno del espacio con el sustrato mejorado, el cuál será la misma tierra excavada incorporada con alga espirulina (1%), abono del convenio Club M. y UAM (5%), fibra de coco (5%) y tierra negra (15%). De acuerdo a estudios biológicos en la zona se incorporarán las especies endémicas de la zona.

f) Mantenimiento y supervisión:

Como es lógico, cualquier sistema de este tipo requiere algún tipo de mantenimiento para asegurar su correcto funcionamiento. En el caso del control del sistema de riego y drenaje, se espera que el sistema sea capaz de alertar a un operador cuando una parte de este no esté funcionando adecuadamente o necesite mantenimiento preventivo. Esto implica que el sistema de control debe contar con un mecanismo de retroalimentación para prevenir posibles fallos o mal funcionamiento del sistema en sí mismo.

El mecanismo de retroalimentación se activaría en situaciones como el mal funcionamiento de una bomba, por ejemplo, la bomba encargada del drenado. Cuando el sistema detecta que esta bomba no está operando correctamente, envía una señal de alerta al servidor central. Esta señal desencadena una notificación inmediata al operador responsable del mantenimiento, quien puede tomar las medidas necesarias para resolver el problema lo más rápido posible. Además, el sistema de retroalimentación puede registrar y analizar estos eventos para identificar tendencias o patrones de fallos, permitiendo una optimización continua del sistema y la implementación de acciones preventivas para evitar futuros problemas. En última instancia, este ciclo de retroalimentación garantiza una operación eficiente y confiable del sistema de riego y drenaje, minimizando los tiempos de inactividad y maximizando su rendimiento a largo plazo.

f.1 Riego

Existen distintas formas de llevar a cabo el riego, por lo que se analiza las características de cada método para así, seleccionar el más óptimo y fiable.

Características	Riego por Goteo	Riego por Aspersión	Riego por Difusores	Riego por Exudación	Riego Subterráneo	Riego por Manguera
Eficiencia de agua	Alta	Media	Media	Alta	Alta	Baja
Consumo de agua	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Alto
Uniformidad de riego	Alta	Media	Alta	Media	Alta	Baja
Pérdidas por evaporación	Bajas	Altas	Medias	Bajas	Bajas	Altas

Pérdidas por escurrimiento	Bajas	Altas	Medias	Bajas	Bajas	Altas
Flexibilidad	Media	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
Costo inicial	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo
Costo de mantenimiento	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Alto
Requerimientos de presión	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Medio
Adaptabilidad a terrenos irregulares	Alta	Baja	Media	Alta	Alta	Media

Tabla 4. La tabla muestra las características que ofrecen los distintos tipos de riego

f.2 Sensado (Riego)

Teniendo en cuenta que una de las cosas que buscamos con el control del sistema de riego, es hacer un uso responsable del agua, por ello requerimos de una manera para medir la humedad presente en la vegetación; por lo que a continuación se mostraran las distintas formas de medir la humedad presente en la vegetación comparando las opciones a utilizar.

Sensor	Ventajas	Desventajas
Sensores de Humedad del Suelo	Proporcionan mediciones directas de la humedad en la zona radicular de las plantas. Son precisos y confiables.	Requieren instalación y mantenimiento en el suelo. Pueden ser costosos.
Sensores de Humedad Atmosférica	Son fáciles de instalar y no requieren contacto con el suelo. Proporcionan una indicación general de la humedad ambiental.	No ofrecen mediciones directas del suelo. Pueden ser menos precisos que los sensores de humedad del suelo.

Sensores de Humedad de Hojas	<p>Son simples de usar y no requieren instalación en el suelo.</p> <p>Proporcionan información sobre el estado de las plantas de forma directa.</p>	<p>Las mediciones pueden variar según la ubicación de las hojas y las condiciones climáticas.</p> <p>No proporcionan mediciones de la humedad del suelo.</p>
Sensores de Humedad del Ambiente del Suelo	<p>Son fáciles de instalar y pueden colocarse en áreas donde no es posible instalar sensores en el suelo.</p> <p>Proporcionan una indicación de la humedad ambiental.</p>	<p>No ofrecen mediciones directas del suelo.</p> <p>Pueden no ser tan precisos como los sensores de humedad del suelo.</p>
Sensores de Humedad Mediante Imágenes Satelitales	<p>Cubren áreas extensas y proporcionan una visión general del nivel de humedad del suelo.</p> <p>No requieren instalación de sensores individuales.</p>	<p>Pueden tener una resolución espacial limitada.</p> <p>Las mediciones pueden no ser tan precisas como las obtenidas con sensores directos.</p>

Tabla 5. La tabla muestra distintas formas de llevar a cabo el sensado (humedad).

f.3 Riego.

El uso de un sistema de riego mixto, que combina tanto el riego por aspersión como el riego por goteo, se fundamenta en la búsqueda de una solución integral y eficiente para la irrigación de nuestro jardín. Ambos métodos han demostrado ser altamente efectivos en la entrega de agua a las plantas, pero al combinarlos, podemos aprovechar las fortalezas únicas de cada uno para maximizar la eficiencia del riego y promover un crecimiento saludable de la vegetación.

El riego por aspersión es conocido por su capacidad para cubrir áreas amplias de manera rápida y uniforme. Esta característica lo convierte en una opción ideal para regar el césped y otras áreas extensas del jardín. Al utilizar aspersores estratégicamente ubicados, podemos

garantizar una distribución uniforme del agua, lo que es crucial para mantener un césped exuberante y verde en todo momento.

Por otro lado, el riego por goteo ofrece una precisión y control excepcionales en la entrega de agua directamente a las raíces de las plantas. Esta técnica es especialmente efectiva para el riego de la flora localizada, como arbustos, árboles y macizos de flores. Al suministrar agua directamente a las raíces, el riego por goteo minimiza el desperdicio de agua al evitar la evaporación y la escorrentía, y promueve un crecimiento saludable de las plantas al asegurar que reciban la cantidad adecuada de agua de manera constante.

Al combinar ambos métodos en un sistema de riego mixto, se aprovecha la cobertura amplia y rápida del riego por aspersión para abastecer las áreas extensas del jardín, mientras que utilizamos el riego por goteo para proporcionar un suministro específico y controlado de agua a las plantas individuales. Esta estrategia permite maximizar la eficiencia del uso del agua, reducir el desperdicio y promover un crecimiento saludable y vigoroso de toda la vegetación en el área de proyecto.

IV. Financiamiento

1. Viabilidad financiera

Este proyecto, por sus objetivos, no se puede dimensionar a jardineras pequeñas, esto es debido al consumo y recolección de agua que tendría la "Maceta mecatrónica", una jardinera pequeña (doméstica o casa habitación) no permitiera recolectar agua suficiente, para cuando lleguen las épocas de sequía o escasa lluvia, en las que la vegetación se puede llegar a ver limitada de su recurso hídrico. Por lo que el área mínima establecida para que funcione sería de 36 m², por lo que la inversión inicial sería de \$45,777.96 MXN.

2. Impacto

Medir la huella de carbono e implementar un modelo de economía circular ayuda a identificar cuáles son los materiales que generan más emisiones y así poder introducirlos a la producción. Una vez hecho esto, tendrás una mejor idea de las mayores oportunidades para desarrollar tu estrategia de cero emisiones netas. (SinCarbono, 2023)

Los bonos de carbono son instrumentos financieros que representan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de la atmósfera. En otras palabras, son un método de compensación de emisiones que permite a empresas reducir su huella de carbono mediante la inversión en proyectos de mitigación.

Los proyectos de bonos de carbono están diseñados para capturar la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Su objetivo principal es ayudar a mitigar las causas que generan el cambio climático.

Se buscará apoyo de instituciones públicas así como apoyo de los programas empresariales brindados por el COMECyT y el PAPIIT en donde él apoyó servirá para el desarrollo del proyecto para la mejora de las instalaciones de la FES.

V. Implementación

Se desarrolló un análisis de cada actividad comprendida durante el desarrollo del proyecto hasta el fin de las actividades para obtener así los precios unitarios por actividad y el costo por m² del proyecto dando así un total de **\$1,271.61 MXN por m²**, tomando en cuenta: Costos directos, Costos indirectos, Cargo por utilidades y Cargos adicionales.

Entre las actividades se encuentran:

1. DESMONTE. Se removerá a mano y en caso necesario con maquinaria la vegetación que esté en el terreno a actuar para así disponerla según lo planeado y lo decretado por la dependencia local.
2. DESPALME. Despalme de 20 cm de espesor, el material producto del despalme se desperdicia, Se realizará el trabajo a mano.
3. Trazo de zona a excavar. Se realizará el trazo correspondiente al área a actuar para así, delimitar la zona correspondiente. Se realizará de acuerdo a los planos y conforme a las características de la zona.
4. Excavación de la capa superficial de un suelo. En base al trazo realizado de acuerdo a las características físicas de la zona a actuar y en relación al tipo de vegetación a utilizar se realizará la excavación con la maquinaria correspondiente para después separar el material que después se utilizará integrado con componentes para su mejoramiento.
5. NIVELACIÓN DEL TERRENO. La nivelación del terreno será de acuerdo al modelo y plano presentado en donde se establecerá la inclinación y pendientes necesarias en las paredes para el correcto escurrimiento del agua sobre la membrana impermeable.
6. COMPACTACIÓN DEL TERRENO. Se realizará una compactación al 100% sobre el terreno excavado para evitar posibles asentamientos que perjudiquen las características del proyecto.
7. GEOMEMBRANA. Colocación de Geomembrana aislante del suelo no apto para crecimiento vegetal de acuerdo a la geometría del proyecto, en donde se realizarán las uniones por medio de termofusión.
8. SISTEMA DE CONTROL. El sistema de control se incorporará en la parte baja de la geomembrana para detectar la presencia de humedad y agua que será alojada ahí.

Cuenta con un sistema de bombeo y un sistema de drenaje los cuales desembocará en una cisterna.

9. SISTEMA DE BOMBEO. El sistema de control detectará cuando sea necesario el bombeo de agua para disponer de ella hacia un tanque cisterna, el cual almacenará el excedente de agua para un futuro uso en el riego.
10. SISTEMA DE RIEGO. Se incorporará el sistema de riego de acuerdo a las dimensiones por debajo de la superficie a 40cm. Se incorpora de acuerdo a los m² de superficie a cubrir y con el diseño previo de las instalaciones.
11. COLOCACIÓN DE MATERIAL PÉTREO. Se colocará el material pétreo correspondiente con las características del proyecto, basándose en el modelo y los planos de acuerdo a lo necesitado. El material se acomodará en el siguiente orden: GRANZÓN (20CM), ARENA (5CM), GRAVA (15CM).
12. COLOCACIÓN DEL SUELO APTO Sustrato nutrido mediante alga espirulina y abono (UAM). Posteriormente de la incorporación del material pétreo y el sistema de control, se procederá al relleno del espacio con el sustrato mejorado, el cuál será la misma tierra excavada incorporada con alga espirulina (1%), abono del convenio Club M. y UAM (5%), fibra de coco (5%) y tierra negra (15%).

COSTO TOTAL MATERIALES	\$626.80
COSTO TOTAL MANO DE OBRA	\$603.70
COSTO TOTAL MAQ. Y HERR.	\$41.11
TOTAL	\$1,271.61

VI. Evaluación

La generación de ganancias económicas a través de servicios ecosistémicos se puede evaluar considerando los beneficios derivados de la conservación y restauración del medio ambiente, así como de la provisión de servicios ambientales. Esto incluye la valoración de servicios como la captación de agua, la regulación del clima, la polinización, y la mejora de la calidad del aire y del suelo, entre otros. Estos servicios pueden traducirse en beneficios tangibles, como la reducción de costos de tratamiento de aguas residuales, el aumento de la productividad agrícola debido a la polinización, y la disminución de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire. Además, la rentabilidad del proyecto puede medirse mediante otras formas de financiamiento, como subvenciones gubernamentales, fondos de inversión sostenible, colaboraciones con organizaciones ambientales y programas de responsabilidad social corporativa. Estas fuentes de financiamiento pueden proporcionar recursos adicionales para la implementación y expansión del proyecto, aumentando su rentabilidad a largo plazo.

1. Viabilidad Socioeconómica

a) Impacto ambiental de la innovación

El proyecto Macetas Mecatrónicas tiene un impacto ambiental significativo al abordar desafíos relacionados con la gestión del agua. Estas macetas permiten un ciclo eficiente del agua, reduciendo el consumo del vital líquido y manteniendo niveles óptimos de humedad constantemente, lo que promueve el crecimiento de la flora de manera más eficiente.

Contribuye a la reducción del estrés hídrico y a la promoción de la biodiversidad local. Además, ayudan a mitigar los efectos de las sequías y a conservar los recursos hídricos. En conjunto, estas medidas promueven la resiliencia ambiental, beneficiando la biodiversidad y generando un impacto positivo en la calidad del suelo, al facilitar la evapotranspiración y promover la acumulación de agua en el entorno cercano de las plantas.

Pensando en grande, este proyecto podría generar un impacto ambiental significativo al proporcionar servicios ecosistémicos clave para enfrentar los desafíos del cambio climático. Al promover la captación pluvial, la regulación del agua y el reacondicionamiento del suelo, estas macetas ayudan a mitigar los efectos de las sequías e inundaciones. Además, al favorecer la evapotranspiración contribuye a la purificación del agua. En conjunto, estas medidas ayudan a las ciudades frente al cambio climático y proporcionan un entorno más saludable y sostenible para las generaciones futuras.

b) Impacto social

El proyecto Macetas Mecatrónicas tiene un impacto social significativo que se refleja en su capacidad para mejorar la calidad de vida de los individuos y las comunidades al ofrecer una solución práctica y rentable para abordar desafíos ambientales en el hogar o en el espacio público, al tiempo que promueve la conciencia ambiental y el compromiso comunitario.

La implementación de las macetas proporciona servicios ecosistémicos culturales y recreativos. Estos espacios no solo sirven para la gestión eficiente del agua, también cumplen funciones sociales, como lugares de reunión, promueven la salud mental y el bienestar de los residentes. Además, al fomentar la educación ambiental y la participación comunitaria, estas macetas ofrecen una oportunidad única para aumentar la conciencia sobre la importancia de la conservación del agua y la biodiversidad en el ámbito local.

Además, diversos estudios han demostrado que la exposición a entornos verdes mejora la salud mental, promueve una mejor función cognitiva y reduce el estrés. Al proporcionar

áreas verdes funcionales y accesibles, el proyecto Macetas Mecatrónicas contribuye al desarrollo integral de los individuos y al fortalecimiento del tejido social en las comunidades

Un estudio de “Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)” mostró que los infantes en una escuela con mayor área de espacios verdes tenían un desarrollo cognitivo mayor respecto a otras escuelas con una menor área de espacios verdes, además de presentar menores problemas de salud mental en su crecimiento hacia la vida adulta. (Nieuwenhuijsen & Losada, 2021)

VII. Resultados

En un contexto de cambio climático y de calentamiento global, la infraestructura verde como estrategia de planificación territorial reconoce a los espacios verdes públicos y su provisión de servicios ecosistémicos como componentes claves de sistemas urbano-ecológicos resilientes ante al cambio climático.

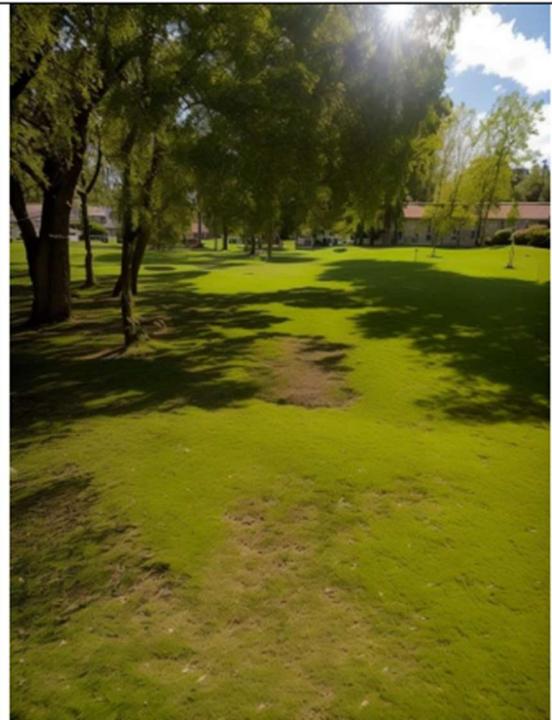
Si bien nuestro objetivo primordial es restaurar la biodiversidad, su realización conlleva consigo beneficios ambientales, sociales y económicos, y representa una oportunidad de educación ambiental y aprendizaje social (Soto Ulloa, 2017).

Llegamos a conclusión que la creación de esta infraestructura verde, que conforma una red o sistema, mejora la conectividad entre espacios, promoviendo la accesibilidad física y social (Moreno Flores, 2016; Herrera Hurtado, 2019), lo que potencia la adaptación y resiliencia al cambio climático, conlleva la sustentabilidad de la FES Aragón, además de mejorar el tejido social, las capacidades cognitivas y el bienestar de la comunidad aragonesa.

ANTES



DESPUÉS





Elaboró: @erick_adeath33 . Fuente: Fotografías en sitio renderizadas.

VIII. Conclusiones

En conclusión, el proyecto de las macetas mecatrónicas emerge como un modelo replicable y arquetipo para abordar desafíos ambientales mediante soluciones innovadoras y sostenibles. Al ofrecer una solución integral que optimiza el uso del agua, promueve la biodiversidad y fortalece la resiliencia de los ecosistemas locales, el proyecto se posiciona como una herramienta efectiva para combatir la desertificación y promover la conservación del medio ambiente. Además, su diseño modular y adaptable lo hace aplicable en diversos contextos, lo que lo convierte en un proyecto escalable y replicable en diferentes regiones afectadas por problemas similares. Al adoptar este enfoque holístico y colaborativo, el proyecto de las macetas mecatrónicas se presenta como un modelo innovador y rentable para la gestión sostenible de recursos naturales y la promoción de un desarrollo ambientalmente responsable.

Es importante debido a los alcances interdisciplinarios y beneficios en la comunidad que se esperan generar para la recuperación de espacios universitarios/públicos. La implementación de estas propuestas no solo aborda los desafíos inmediatos de la FES Aragón, sino que también sienta las bases para un campus más sustentable, confortable y propicio para el desarrollo académico y personal de los estudiantes. Al adoptar enfoques integrados desde perspectivas urbanas, psicológicas y sustentables, la FES Aragón puede transformarse en un modelo a seguir para otras instituciones educativas, demostrando que es posible conciliar el desarrollo académico con la responsabilidad ambiental y el bienestar estudiantil.

Los espacios públicos bien diseñados fomentan la interacción social y fortalecen el tejido social dentro del campus. Estos lugares se convierten en centros de encuentro que promueven la colaboración y el intercambio de ideas mejorando la calidad de vida estudiantil y promueven la economía circular. La reutilización de materiales, la generación de energía renovable y la mejora del entorno aumentan la plusvalía de la FES Aragón.

Llegamos a conclusión que la creación de esta infraestructura verde, que conforman una red o sistema, mejoran la conectividad entre espacios, promoviendo la accesibilidad física y social. Potencia la adaptación y resiliencia al cambio climático y conlleva a la sustentabilidad de la FES Aragón. (Moreno Flores, 2016; Herrera Hurtado, 2019)

Si bien nuestro objetivo primordial es restaurar la biodiversidad, su realización conlleva consigo beneficios ambientales, sociales y económicos, y representa una oportunidad de educación ambiental y aprendizaje social (Soto Ulloa, 2017).

Además, el proyecto de “Macetas Mecatrónicas” coincide con el plan de mantenimiento y preservación de las áreas verdes de la FES Aragón; en acuerdos de las reuniones con el encargado de la superintendencia, el jefe de la carrera de ingeniería mecánica y el jefe de la división de las ciencias físico matemáticas y de las ingenierías se mencionó la factibilidad y el interés del proyecto para abordarlo en la institución

junto con el área destinada para la construcción del prototipo del proyecto, en donde se estimó que se destinará un área de 36 a 50 m² para probar la hipótesis de la investigación. Posteriormente, se acordó una reunión con los directivos encargados del financiamiento de proyectos de la institución para evaluar el presupuesto que se le puede asignar al proyecto de las Macetas, para así continuar con el trabajo evaluado e implementarlo a las instalaciones de una manera eficiente, completa y sostenible ayudando no solo a la comunidad estudiantil sino al medio ambiente impulsando este proyecto a otras instancias gubernamentales para implementarse en las zonas más necesitadas de este medio.

Se presentó una propuesta ante el **COMECyT** (Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología) en donde se abordó el proyecto para la solicitud del financiamiento del mismo, se solicitó el monto total de la beca y no fue seleccionado, por lo que se buscan alternativas para el financiamiento y la muy probable transferencia tecnológica. **Para realizar, estudiar y comprobar la hipótesis del prototipo se necesita un área de 36m²** con un valor de \$45,777.60 MXN; siendo así redituable y posible el apoyo.

Agradecimientos

En especial a mi equipo y amigos de trabajo, Emiliano Moreno, Armando Macías y Fernando Montiel por su exhaustiva participación en el proyecto y por compartirme sus conocimientos adquiridos a través de su vida académica; gracias a ustedes este proyecto podrá llevarse a cabo.

A mi asesor de proyecto, M. en I. Humberto Mancilla por la oportunidad de crear algo importante para la comunidad y por la apertura de caminos por delante, además de ser un guía en este camino.

A mis profesores de carrera y en especial a los seleccionados como sinodales por brindarme sus conocimientos y experiencias para la realización de cada actividad comprendida en este documento y para la posible realización del proyecto.

Agradecimiento total a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida académica, Mauricio, Esther, Adrián, Dominick, Héctor, Alicia, Elizabeth, Tomás, Carmen, Elena y Hugo; sin ustedes la culminación de mi carrera académica no sería posible, gracias.

Referencias

1. Asociación Nacional de Parques de Recreación en México. (2021, March 5). *Parque Ecológico Cuitláhuac*. Parque Ecológico Cuitláhuac - Asociación Nacional de Parques y Recreación de México. Retrieved March 18, 2024, from <https://anpr.org.mx/articulos/parque-ecologico-cuitlahuac/>
2. Chicago, E. (2024). RENOVAVERDE. *ESPACIOS VERDES*, 8(5), 12-40.
[HTTTPS://renovarde.COM](https://renovarde.com)
3. Decología.info. (n.d.). *Relleno Sanitario: Definición, Función, Tipos, Ventajas, Desventajas Y Más*. Ecología. Retrieved March 26, 2024, from <https://decologia.info/medio-ambiente/relleno-sanitario/>
4. Facultad de Estudios Superiores Aragón. (n.d.). *FES Aragón, FES Aragón*. FES Aragón. Retrieved January 9, 2024, from <https://www.aragon.unam.mx/fes-aragon/#!/nuestra-facultad/fes-aragon>
5. Geoconcret S.A. (n.d.). *¿Qué son las geomembranas? Tipos y usos | Geoconcret*. Geoconcret SA. Retrieved March 26, 2024, from <https://geoconcret.com/que-son-las-geomembranas/>
6. Geomembranas Mexicanas. (n.d.). Geomembranas Mexicanas S.A. DE C.V. | Expertos en geomembranas y geosintéticos. Retrieved March 26, 2024, from <https://geomembranasmexicanas.com/>
7. Gob.mx. (2009, June 3). *¿Qué tanto sabes del pH del suelo?* gob.mx. Retrieved March 18, 2024, from <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/que-tanto-sabes-del-ph-del-suelo?idiom=es>

8. H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl. (2019, 03). *Caracterización y Diagnóstico de riesgos de Ciudad Nezahualcóyotl*. Epiprimero. Retrieved January 9, 2024, from <https://neza.gob.mx/Planeacion/archivos/2019/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%202019-2021.pdf>
9. Nieuwenhuijsen, M. J., & Losada, À. (2021, October 28). *Por qué es esencial que las ciudades tengan más espacios verdes - Blog*. ISGlobal. Retrieved January 9, 2024, from <https://www.isglobal.org/healthisglobal/-/custom-blog-portlet/why-more-green-space-is-essential-for-cities>
10. Presidencia de la república. (2020, septiembre 13). *Versión estenográfica. Primera etapa de intervención del parque 'Cuitlahuac'*. Gob.mx. Retrieved March 18, 2024, from <https://www.gob.mx/presidencia/articulos/version-estenografica-primera-etapa-de-intervencion-del-parque-cuitlahuac>
11. Roldán, C. (2021, febrero 19). *¿Qué es una Geomalla?* ML ingeniería. Retrieved April 10, 2024, from <https://mlingenieria.com/que-es-una-geomalla/>
12. Secretaria del Medio Ambiente. (2017). *Inventario de Áreas Verdes*. Sedema. Retrieved January 9, 2024, from <https://sedema.cdmx.gob.mx/programas/programa/inventario-de-areas-verdes>
13. Secretaría del Medio Ambiente y Derechos Sostenibles. (2023). *Áreas verdes urbanas | Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved January 24, 2024, from https://sma.edomex.gob.mx/areas_verdes_urbanas

14. Tensar. (n.d.). *Geomallas | ¿Qué es Geomalla?* Tensar. Retrieved March 26, 2024, from <https://www.tensarcorp.com/es-mx/geomallas>
15. Secretaría del Medio Ambiente y Derechos Sostenibles. (2023). *Áreas verdes urbanas | Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Secretaría del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved January 24, 2024, de [Recuperación y creación de áreas verdes urbanas](#)
16. Manuel, J. (n.d.). Análisis espacial de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México. SciELO México. Retrieved May 14, 2024, from https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212021000300803
17. Catalogo+de+costos+directos+de+Carreteras+2023.
18. Catalogo+de+costos+Horario+de+Maquinaria+2023.
19. CATALOGO CMIC ECOTECNOLOGIAS.
20. CATALOGOS CMIC VIVIENDAS.
21. Construrama. (n.d.). Conexiones hidráulicas y gas. Construrama. Retrieved May 14, 2024, from <https://www.construrama.com/kasajardon/catalogo/plomeria/tuberia-y-conexiones/conexiones-hidraulicas-y-gas/c/001157024>
22. (n.d.). Rollo de Geomembrana Calibre 1200 (0.30 mm) de 6 metros de ancho y 95 kgs HDPE Ó PEAD (50 metros de largo) (IVA tasa 16%) [4] - \$12,100.00 .: Retrieved May 14, 2024, from https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=68&products_id=1019

