



**INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL**

---

**CENTRO DE ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y  
TECNOLOGICOS No. 11  
“WILFRIOD MASSIEU”**

**SISTEMA AUTOMATIZADO DE  
RIEGO Y CAPTACIÓN PLUVIAL**

**P R O Y E C T O   A U L A**

Presenta:

**GRUPO 4IV11**

Coordinador de Proyecto Aula:

**PEREZ MARTINEZ HUGO ALTARI**

# ÍNDICE

- Introducción.....01
- Capítulo I: Áreas Verdes Urbanas.....02
- Capítulo II: Sistema de Riego y Captación Pluvial.....05
- Capítulo III: Aplicaciones y Análisis de Mercado.....09
- Capítulo IV: Conclusiones.....12
- Bibliografía.....15

# INTRODUCCIÓN

Este documento presenta como proyecto aula un sistema de riego automatizado, enfocado en las áreas verdes de la Ciudad de México. Su objetivo es implementar un sistema automatizado de captación de agua pluvial y riego para áreas verdes privadas, que funcione de forma autónoma y eficiente mediante sensores de humedad y microcontroladores, con el fin de reducir los costos de mantenimiento y fomentar la conservación de espacios verdes urbanos.

El proyecto consta de una serie de componentes electrónicos básicos, siendo los protagonistas el microcontrolador Arduino y los sensores de humedad, que trabajando en conjunto con el código programado previamente en el Arduino, logran automatizar el riego de estas áreas verdes (azoteas verdes, huertos urbanos, parques públicos o camellones ajardinados), lo que permite un mejor cuidado sin la necesidad de personal que esté regando estas áreas en determinados horarios, ya que el sensor por sí mismo detectará cuando la tierra baje su nivel de humedad y entonces generará la demanda de agua en esa zona.

Este sistema puede ser adoptado por actividades de laboratorios, riego de cultivos, invernaderos o practicas experimentales donde el control del agua y la humedad afectan directamente a las propiedades químicas del suelo así mismo afectando el crecimiento de áreas verdes o el crecimiento vegetal.

Este proyecto no pretende ser un parteaguas dentro de este sector, ya que sistemas como este hay en gran cantidad. Lo que se pretende con esto, es tener un sistema igual de eficiente que los demás a un menor costo, con el objetivo de la creación de mas áreas verdes que ayudarían al ecosistema de la gran metrópoli.

Todos estos puntos se abordan a lo largo de los 4 capítulos que presenta este documento, desglosando de mejor manera las problemáticas, el funcionamiento del sistema y su competencia en el mercado, así como también los aspectos donde este aún falla y que se pretende mejorar con el pasar del tiempo en base a las retroalimentaciones generadas por los críticos.

## CAPITULO I: Áreas Verdes Urbanas

Una de las dinámicas territoriales que inciden en la configuración de los espacios urbanos, en su camino hacia la sostenibilidad, son las áreas verdes. Su manejo adecuado debe ser una estrategia para hacer de nuestra ciudad más habitable, inclusiva y sostenible. El concepto de áreas verdes urbanas tiene su origen en reconocer que éstas pueden y deben ser manejadas de manera íntegra y total para visibilizar muchos otros beneficios sociales y ambientales, más allá del uso recreativo o estético.

Estos y otros beneficios se ven reflejados en una amplia gama de servicios ecosistémicos que permiten combatir muchos males urbanos y mejorar la calidad de vida de los habitantes de las ciudades.

Los espacios verdes urbanos se clasifican por tamaño, características espaciales, ubicaciones geográficas, usos, funciones, propósitos de servicio, instalaciones y propiedad. Las áreas verdes públicas incluyen parques, plazas y jardines, bosques urbanos, campos deportivos, bordos y canales, jardines comunitarios, camellones y áreas naturales protegidas, así como espacios menos convencionales como panteones y azoteas verdes. Por otro lado, las áreas verdes privadas e informales incluyen patios traseros privados, áreas verdes en edificios de apartamentos o corporativos, campos de golf y terrenos baldíos generalmente no designados ni reconocidos como espacios para uso de los habitantes.

Con la fundación de la Ciudad de México en 1521, en ese entonces llamada México-Tenochtitlán, la transformación del medio geográfico y urbano tuvo una profunda influencia en el diseño de las áreas verdes y en el manejo de la vegetación natural del entorno. En la ciudad colonial, sus plazas definieron gran parte de la aparición de algunos espacios verdes en la ciudad. La Alameda Central, fundada en 1592, es un ejemplo de área destinada a la convivencia y la recreación.

Posteriormente, bajo la dictadura porfirista se dio un gran impulso al rebosamiento de parques y avenidas con un estilo europeo y muchas plazas mayores se convirtieron en frondosos jardines y parques. A inicios del siglo XX se considera que las áreas verdes ocupaban tan sólo 2% de la superficie de la capital. Una década después, bajo el mando del ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, la Ciudad de México aumentó drásticamente su porcentaje de áreas verdes un 16%. Ya en años más recientes, la ampliación del bosque de Chapultepec, la inauguración del bosque de Aragón (ambos en 1964) y la integración del bosque de Tlalpan representan el último impulso de construcción de grandes áreas verdes. Durante la década de los setenta y, con la aparición de ejes viales y grandes unidades habitacionales, se impulsó una política de jardineras, cuyo mantenimiento principalmente recae en las autoridades locales. El Atlas de la Ciudad de México de 1985 reporta una superficie de 2.3 metros cuadrados de área verde por

habitante, considerando parques, jardines, camellones y glorietas del entonces Distrito Federal.

Sería hasta principios del siglo XXI que el Gobierno del Distrito Federal (GDF), a través de su Secretaría del Medio Ambiente (Sedema), implementó diversas estrategias para conocer, normar y desarrollar las áreas verdes urbanas. La Ley Ambiental de Protección a la Tierra en el Distrito Federal (LAPTFD), modificada en 2017, establece que las áreas verdes son toda superficie cubierta por vegetación natural o inducida que se localice en la Ciudad de México, así como la actualización permanente del inventario en materia de áreas verdes que deberá contener, por lo menos: la ubicación y superficie y los tipos de áreas verdes, además de las especies de flora y fauna que la conforman, las zonas en las cuales se considera establecer nuevas áreas verdes, entre otras.

La generación de los diferentes inventarios de áreas verdes urbanas permite identificar su ubicación espacial, dimensiones, tipos de áreas verdes, composición y cantidad por habitante, elaborados a partir del uso de imágenes de satélite y aplicación de metodologías de percepción remota implementadas en un ambiente de Sistemas de Información Geográfica. Los inventarios de Áreas Verdes Urbanas de la Ciudad de México, publicados en 2002, 2010 y 2017, han permitido contar con un diagnóstico global de las áreas verdes, permitiendo avances en términos de diseño de políticas y de evaluación de uno de los principales factores de calidad ambiental para la ciudadanía.

Se obtuvieron superficies comprobables de áreas verdes, de 117.97 km<sup>2</sup> para el 2000 y de 99.22 km<sup>2</sup> para el 2008. Se muestra una pérdida neta de 18.7 km<sup>2</sup> de áreas verdes urbanas a lo largo de ocho años. Dicha cifra se explica a partir de una gran dinámica de pérdidas y ganancias brutas de áreas verdes de 61.1 km<sup>2</sup> y 42.3 km<sup>2</sup>, respectivamente. De esos 61.1 km<sup>2</sup> de áreas verdes perdidas en la Ciudad, 82.2%, que es alrededor de 50.3 km<sup>2</sup>, ocurrió en espacios verdes privados e informales, es decir, en áreas verdes carentes de manejo por parte de las autoridades de la ciudad.

El resto de las áreas verdes perdidas se asocian a la pérdida casi por igual de árboles, pastos y arbustos dentro de predios con alguna categoría de uso de suelo habitacional (63.1%), equipamiento (17.2%), espacios abiertos (11.5%), planes parciales de desarrollo urbano (4.6%), y usos industriales, así como centros comerciales y estacionamientos (3.6%), principalmente.

Por otro lado, al analizar la dinámica de las áreas verdes reportadas en el inventario de 2017, se observa un incremento en la cantidad de áreas verdes, que se obtiene de una pérdida de 10.9 km<sup>2</sup> y una ganancia de 13.7 km<sup>2</sup>, para una diferencia neta positiva de 2.9 km<sup>2</sup>. Este resultado positivo en el incremento de áreas verdes con gestión formal de las autoridades, de alguna manera es esperado con relación a que la apuesta en la Ciudad de México se ha centrado en

mejorar la calidad de las áreas verdes ya existentes, realizando para ellas proyectos de remodelación o recuperación.

La versión accesible de la Actualización del Inventario de las Áreas Verdes de la Ciudad de México presenta un inventario centrado en una fracción de los espacios verdes urbanos, referidos únicamente a aquellos de los que el gobierno de la ciudad es formalmente responsable; lo cual deja fuera del alcance de este tercer inventario los espacios verdes privados e informales. No obstante, sus resultados, permitieron diferenciar la dinámica de cambio a partir de las diferentes categorías de manejo y la ausencia de ésta en áreas verdes privadas e informales.

Basado en el análisis de cambio de las áreas verdes urbanas, se podría concluir que las políticas de reverdecimiento urbano impulsadas en las diferentes categorías de manejo han mantenido los espacios verdes urbanos de la ciudad, de hecho, se han incrementado dentro de estas áreas, producto de una política de mejora y recuperación de áreas verdes urbanas. Pero en las áreas verdes privadas o informales que representan aproximadamente 60% de las áreas verdes urbanas totales de la ciudad, el cambio de uso de suelo habitacional ha sido la principal fuerza impulsora de cambio.

Si bien, las áreas verdes urbanas públicas generalmente se utilizan para proporcionar un hábitat clave en las ciudades, los espacios verdes en la propiedad privada constituyen una gran parte de la base terrestre urbana y brindan funciones importantes para el hábitat y los servicios de los ecosistemas que respaldan la función de la ciudad.

Los resultados obtenidos muestran que un alto porcentaje de las áreas verdes urbanas de la Ciudad de México son áreas verdes privadas o informales que no han sido incorporadas a la matriz ecológica de la ciudad. Estos tipos de áreas verdes presentan una mayor pérdida dentro de predios particulares con uso de suelo habitacional. Por lo que es apremiante explorar estrategias emergentes para catalizar la custodia voluntaria de las áreas verdes privadas e informales. El potencial de los espacios verdes urbanos para proporcionar servicios ecosistémicos a los habitantes de las ciudades depende de si se gestionan como un sistema integral de infraestructura verde urbana, o como islas que caen bajo la responsabilidad de diferentes partes interesadas.

## CAPITULO 2: Sistema de Riego y Captación Pluvial

El artículo 109 del *Reglamento de Construcciones del Distrito Federal* establece que toda edificación debe contar con un área libre o permeable mínima del 30% del terreno total. Esta área debe ser destinada a la creación de espacios verdes, jardines, y otros elementos que permitan la permeabilidad del suelo.

El objetivo principal del área libre es el de promover la conservación del medio ambiente y mejorar la calidad de vida de las personas. Además, esta área permite la infiltración del agua de lluvia en el suelo, lo que reduce el riesgo de inundaciones en la ciudad.

El Reglamento de Construcción también establece que el Área Permeable debe ser distribuida de forma equitativa en la propiedad, de manera que no se concentre en un solo lugar. Asimismo, se establece que dicha área deberá ser mantenida y conservada en óptimas condiciones por el propietario.

En el caso de las edificaciones que no cuenten con el Área Permeable requerida, el Reglamento de Construcción establece sanciones que pueden llegar a la demolición de la construcción. Por esta razón, es fundamental que los constructores y propietarios de inmuebles cumplan con esta normativa.

La Norma 26 Seduvi es otra disposición que regula el Área Libre en la Ciudad de México. Esta norma establece que toda edificación deberá contar con un Área Permeable mínima del 30% del terreno total.

Además, la Norma 26 Seduvi establece que el Área Permeable deberá estar distribuida en la propiedad de manera equitativa, y que deberá ser mantenida y conservada de forma adecuada.

Entendiendo esto, podemos dar por hecho que todas las construcciones en la Ciudad de México, teóricamente, deberían de seguir este reglamento, para evitar ser sancionadas, aunque siendo realistas, esto no sucede, ya que en base a la información arrojada por parte de los inventarios de la Ciudad de México en los años 2002, 2010 y 2017, podemos observar que poco se sabe sobre las áreas verdes dentro del sector privado, ya que los datos que estos nos proporcionan son únicamente de aquellas construcciones públicas de las que el gobierno es propietario.

Ante la limitada visibilidad de las áreas verdes privadas o informales dentro de los inventarios oficiales, resulta necesario proponer soluciones desde el ámbito privado, que permitan conservar, diseñar y gestionar estos espacios como parte fundamental de la infraestructura ecológica urbana.

Nuestro proyecto plantea una solución a una parte del problema, si bien no podemos hacer que todas las construcciones del sector privado gocen de áreas

verdes, podemos promover que estés sean más fáciles de mantener, y así se considere tener algún área verde dentro de estas.

EL grupo 4IV11 propone un sistema de captación pluvial y riego automatizado, que permitiría a sus usuarios automatizar una gran parte del cuidado de estas áreas verdes, de tal manera que su mantenimiento se vería reducido y en consecuencia los costos que conlleva tener estas áreas verdes.

El sistema funciona mediante una serie de componentes, tales como:

- Arduino Uno: Es un microcontrolador que se encarga de controlar todos los componentes del circuito, se podría pensar como el cerebro del circuito.
- Protoboard: Una tabla de ensamblado que nos permitirá ensamblar el circuito sin la necesidad de soldar los componentes.
- Cables macho – macho: Estos cables nos permitirán conectar los componentes con el Arduino.
- Sensor de humedad en suelo: Este, al igual que el Arduino, es una de las piezas más importantes de nuestro circuito, ya que es el encargado de detectar el nivel de humedad en tierra.
- Mini bomba de agua: Se encarga de suministrar el agua ante las indicaciones que proporciona el Arduino mediante el sensor de humedad.

Para que el Arduino pueda funcionar correctamente en base a las funciones que necesitamos, es necesario generar un código que pueda dar las ordenes en base a nuestras necesidades, de esta manera, el Equipo de Desarrollo del proyecto nos entrega el siguiente código:

1	#include<LiquidCrystal.h>
2	int rs = 12;
3	int e = 11;
4	int d4 = 5;
5	int d5 = 4;
6	int d6 = 3;
7	int d7 = 2;
8	
9	LiquidCrystal lcd(rs, e, d4, d5, d6, d7);
10	
11	void setup() {
12	//put your setup code here, to run once://
13	Serial.begin(9600);
14	pinMode(8, OUTPUT);
15	lcd.begin(16, 2);
16	}
17	
18	void loop () {
19	//put your main code here, to run repeatedly://



20	int read= analogRead(A5);
21	Serial.println(read);
22	If(read < 1030 && read >= 600) {
23	lcd.setCursor (0, 0);
24	lcd.print("Tierra Seca");
25	lcd.setCursor(12, 0);
26	lcd.print(read);
27	lcd.setCursor(0,1);
28	lcd.print("Motor ON");
29	digitalWrite(8, HIGH);
30	delay(500);
31	lcd.clear();
32	} else if (read < 600 && read >0) {
33	lcd.setCursor (0, 0);
34	lcd.print("Tierra Húmeda");
35	lcd.setCursor(12,0);
36	lcd.print (read);
37	lcd.setCursor (0, 1);
38	lcd.print("Motor OF");
39	digitalWrite(8, LOW);
40	Delay(500);
41	lcd.clear();
42	}
43	
44	}

El sistema propuesto tiene dos funciones principales:

1. Captación y almacenamiento de agua pluvial mediante una red sencilla de recolección (techos, canaletas, filtros y depósitos).
2. Riego automatizado que se activa en función del nivel de humedad del suelo, optimizando el uso del agua almacenada.

Una vez comprendido esto, podemos determinar que su funcionamiento general consta de:

1. El agua de lluvia es canalizada desde los techos hacia un filtro básico y posteriormente almacenada en un depósito.
2. El sensor de humedad mide continuamente la humedad del suelo.
3. Cuando el nivel está por debajo de un umbral definido, el Arduino activa la mini bomba para regar el área verde.
4. Al alcanzar un nivel de humedad óptimo, el sistema se detiene automáticamente, evitando el desperdicio de agua.

Este sistema puede ser adoptado en diferentes contextos urbanos, por su simplicidad y bajo costo en comparación con otros productos dentro del mercado. El sistema está pensado para:

- Viviendas unifamiliares con jardines o terrazas verdes
- Azoteas verdes en edificios multifamiliares
- Huertos escolares o comunitarios
- Camellones y patios en oficinas privadas
- Jardines interiores de centros educativos o culturales

Ya que su simplicidad permite que este se adapte al tamaño del área, dependiendo de las necesidades del usuario.

Con la implementación del este sistema, se pretende lograr una reducción significativa en el desperdicio del agua potable para riego, ya que esta se sustituiría por la de captación pluvial, para así lograr incentivar a la ciudadanía a considerar tener o conservar sus áreas verdes.

Aún el sistema esta en una etapa temprana de desarrollo, ya que es el primero que planteamos con estas características. Si bien el sistema cumple con su función básica, existen oportunidades para mejorar su rendimiento y diseño.

## **CAPITULO 3: Análisis de Mercado y Contexto Competitivo**

El sistema de riego automatizado y captación pluvial que propone nuestro grupo tiene como objetivo facilitar el mantenimiento de áreas verdes privadas o informales, para que así logremos promover su conservación. En este capítulo se examina el mercado actual para identificar oportunidades, riesgos y ventajas competitivas de nuestro proyecto.

Como pudimos observar en el capítulo 1 y a inicios del capítulo 2, la problemática central es la ausencia de áreas verdes dentro del sector privado, que comprende:

- Propietarios de viviendas particulares
- Desarrolladores inmobiliarios y arquitectos
- Escuelas, oficinas y espacios comerciales con jardinería
- Instalaciones comunitarias con necesidad de áreas verdes

Todos ellos comparten una necesidad en común: mantener áreas verdes con bajos costos y esfuerzos reducidos para así poder cumplir con los requerimientos del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y la Norma 26 de SEDUVI.

Actualmente, en el mercado existen múltiples sistemas similares al nuestro, algunos de los más relevantes son:

### **1. Bionia – Sistema Sembrando Agua**

Bionia ofrece un sistema modular de captación de agua pluvial que se instala bajo tierra, permitiendo almacenar agua sin hacer uso del espacio superficial. Este sistema es ideal para nuevos desarrollos urbanos y áreas verdes que requieren alta capacidad de carga.

#### **Ventajas:**

- Alta capacidad de almacenamiento.
- Instalación rápida y fácil mantenimiento.
- Larga vida útil (más de 50 años).
- Cumple con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

#### **Desventajas:**

- Requiere espacio considerable para su instalación.
- Principalmente orientado a nuevos desarrollos urbanos.

## **2. Verti-K y HydroPOT – Garden Central**

Estos sistemas modulares están diseñados para crear jardines y huertos verticales con depósitos de agua integrados, facilitando el autorriego. Son ideales para azoteas verdes y espacios urbanos reducidos.

### **Ventajas:**

- Fácil instalación y adaptabilidad a espacios pequeños.
- Capta agua pluvial durante la temporada de lluvias.
- Reduce la necesidad de riego manual.

### **Desventajas:**

- Capacidad de almacenamiento limitada.
- No incluye automatización avanzada del riego.

## **3. CitySens – Huertos Urbanos con Riego Automático**

CitySens ofrece jardines verticales con un sistema de riego automático integrado, que imita el ciclo del agua en la naturaleza. Su diseño es ideal para espacios urbanos y permite programar el riego según las necesidades de las plantas.

### **Ventajas:**

- Riego biométrico que optimiza el uso del agua.
- Autonomía de riego entre 30 y 60 días.
- Fácil de instalar y mantener.

### **Desventajas:**

- Capacidad de almacenamiento limitada.
- Orientado principalmente a jardines pequeños o interiores.

#### **4. RIE-JAR – Sistemas de Riego en CDMX**

RIE-JAR es una empresa con más de 20 años de experiencia en la instalación y mantenimiento de sistemas de riego automático, incluyendo soluciones con energía solar. Ofrecen servicios personalizados para jardines, áreas verdes y cultivos agrícolas.

##### **Ventajas:**

- Amplia experiencia y presencia en la Ciudad de México.
- Soluciones personalizadas según las necesidades del cliente.
- Integración de energía solar para eficiencia energética.

##### **Desventajas:**

- Enfoque más generalizado, no especializado en captación pluvial.
- Puede requerir inversión inicial significativa.

#### **5. Acrocarpus – Equipos de Riego Automático**

Acrocarpus ofrece productos de riego automático desarrollados para jardines y cultivos, con materiales resistentes y amigables con el cultivo. Proporcionan soluciones tanto para áreas verdes como para producción agrícola.

##### **Ventajas:**

- Materiales de alta calidad y resistencia.
- Variedad de productos adaptados a diferentes necesidades.
- Disponibilidad de refacciones y equipos necesarios.

##### **Desventajas:**

- Enfoque más agrícola que urbano.
- No se especifica integración con captación pluvial.

Aunque existen sistemas similares dentro del mercado, el proyecto pretende posicionarse como una tecnología de bajo costo, haciéndola ideal para propietarios e instituciones que busquen cumplir con las normativas sin recurrir a soluciones costosas o complejas. Su diseño y el potencial de su rango de mejora lo hacen adecuado tanto para jardines residenciales pequeños como para espacios más grandes en zonas urbanas.

Con el propósito de evaluar que tan factible, económicamente hablando, es nuestro proyecto, se realizó una estimación básica de los costos de componentes y montaje, tomando como ejemplo un sistema de riego automatizado con captación pluvial de uso residencial o comercial pequeño. Estos costos pueden variar ligeramente según proveedores y volumen de compra, pero proporcionan una base para entender su accesibilidad.

<b>Componente</b>	<b>Precio aproximado (MXN)</b>
Arduino UNO R3	\$300 – \$400
Sensor de humedad para suelo	\$40 – \$80
Mini bomba de agua (5V/12V)	\$150 – \$250
Protoboard	\$60 – \$120
Cables macho-macho (set)	\$30 – \$50
Tubería flexible PVC y conectores	\$200 – \$400
Depósito para captación de lluvia (200L – básico)	\$800 – \$1,200
Filtros caseros y malla de captación	\$200 – \$300

- **Costo total estimado por unidad (residencial pequeña): \$1,800 – \$2,800 MXN**

El análisis de mercado y de costos demuestra que el sistema propuesto tiene un alto potencial de implementación y adopción, especialmente si se combina con estrategias de difusión, alianzas técnicas y educación ambiental.

La inversión inicial es baja comparada con los beneficios en términos de ahorro, cumplimiento normativo y mejora ecológica. Su bajo mantenimiento y accesibilidad tecnológica hacen del sistema una herramienta clave en la transición hacia una gestión privada y responsable de las áreas verdes urbanas.

## CAPITULO 4: Conclusiones

El desarrollo de este proyecto surge de la necesidad de atender una problemática urbana evidente pero poco visibilizada: la pérdida progresiva y la gestión inadecuada de las áreas verdes en la Ciudad de México, haciendo énfasis en las que el gobierno no tiene un control total o parcial, como lo son las áreas privadas e informales, las cuales representan aproximadamente el 60% del total de la cobertura vegetal urbana. A través de un análisis histórico, normativo, técnico y de mercado, se pudo comprender tanto la evolución de estas áreas como las oportunidades reales para incidir positivamente en su recuperación y mantenimiento.

En el capítulo 1 se realiza análisis territorial que muestra cómo la transformación de la Ciudad de México ha tenido una profunda influencia sobre la distribución y calidad de sus áreas verdes. Desde los primeros parques coloniales como la Alameda Central hasta las políticas de expansión durante el siglo XX, se evidencia que las áreas verdes públicas han sido atendidas de forma más estructurada con el pasar del tiempo, aunque sigue resultando un tanto insuficiente. En contraste, las áreas verdes privadas han carecido de una política clara o una estrategia de integración a la matriz ecológica de la ciudad, quedando vulnerables al cambio de uso de suelo, a la falta de mantenimiento y, en muchos casos, al abandono.

En este contexto, la propuesta desarrollada en el Capítulo 2 cobra particular relevancia. El *Sistema de Captación Pluvial y Riego Automatizado* no solo responde a una necesidad práctica (la dificultad que enfrentan muchos propietarios y usuarios para mantener en buen estado sus áreas verdes) sino que también propone una solución sostenible, accesible, y alineada con los principios de infraestructura ecológica urbana. Su diseño, basado en componentes de bajo costo y fácil ensamblaje como Arduino, sensores de humedad, bombas y depósitos, permite que cualquier usuario con conocimientos básicos pueda implementar el sistema en jardines residenciales, azoteas verdes, patios comunitarios o pequeños espacios comerciales.

Uno de los puntos claves del proyecto es su compatibilidad con las disposiciones legales vigentes, como lo establece el artículo 109 del Reglamento de Construcción del Distrito Federal y la Norma 26 SEDUVI, las cuales exigen una proporción mínima de área libre y permeable en toda edificación. A pesar de esta obligación normativa, se ha constatado que muchas construcciones no cumplen adecuadamente con estos requerimientos, debido a que el mantenimiento de áreas verdes suele considerarse costoso o poco práctico. En ese sentido, el sistema automatizado propuesto puede funcionar también como una herramienta de apoyo para el cumplimiento legal, facilitando el cuidado eficiente de los espacios verdes sin necesidad de dedicar grandes cantidades de tiempo o recursos.

El análisis de mercado, expuesto en el capítulo 3, permitió confirmar que, aunque existen diversas soluciones de riego o captación de agua de lluvia, pocas integran ambos sistemas de forma automatizada, especialmente en el contexto de zonas urbanas privadas o domésticas. Productos como los sistemas de riego tradicionales, jardines verticales con autorriego o módulos subterráneos de captación pluvial, si bien son útiles, tienen costos más elevados, aplicaciones limitadas o requieren instalaciones complejas. En cambio, la propuesta del grupo 4IV11 destaca por su simplicidad, adaptabilidad y bajo costo, lo cual representa una ventaja competitiva clave dentro del mercado.

En términos económicos, se ha demostrado que la inversión inicial puede ser fácilmente recuperada en un plazo de 10 a 18 meses, gracias a los ahorros generados en agua potable y servicios de mantenimiento. Además, el proyecto tiene un gran potencial de escalabilidad, pudiendo crecer desde un sistema pequeño residencial hasta soluciones más grandes para escuelas, oficinas o conjuntos habitacionales. Este enfoque también facilita su personalización y permite a los usuarios ir ampliando el sistema según sus necesidades y presupuesto.

Otro aspecto destacable del proyecto es su potencial educativo y comunitario. Este tipo de soluciones puede integrarse fácilmente en programas escolares, talleres ambientales, proyectos vecinales o huertos urbanos, fomentando no solo la sostenibilidad ambiental sino también la apropiación social del espacio verde. A largo plazo, promover el uso de tecnologías accesibles y sostenibles como esta puede contribuir a transformar la relación que tienen los habitantes de la ciudad con el entorno natural, promoviendo una cultura de responsabilidad ecológica compartida.

En conclusión, este proyecto demuestra que es posible enfrentar problemas urbanos complejos con soluciones prácticas, económicas y sostenibles. La integración de tecnología de bajo costo con principios ecológicos y normativos permite desarrollar sistemas que no solo son útiles en términos funcionales, sino que también aportan valor social, ambiental y económico. El sistema automatizado de captación pluvial y riego propuesto no solo tiene viabilidad técnica y comercial, sino que representa una herramienta poderosa para avanzar hacia una Ciudad de México más verde, resiliente e inclusiva.



## **Bibliografía**

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-84212021000300803#:~:text=De%20los%20datos%20m%C3%A1s%20relevantes,zonas%20de%20pastos%20o%20arbustos.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212021000300803#:~:text=De%20los%20datos%20m%C3%A1s%20relevantes,zonas%20de%20pastos%20o%20arbustos.)

<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGAHOTDU.pdf>

[https://plurmac.com/normas/norma-4-area-libre-de-ocupacion-y-recarga-de-aguas-pluviales-al-subsuelo/?utm\\_source=](https://plurmac.com/normas/norma-4-area-libre-de-ocupacion-y-recarga-de-aguas-pluviales-al-subsuelo/?utm_source=)

<https://www.seduvi.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5c8/1c1/0e7/5c81c10e75941861036746.pdf>

[https://www.bionia.mx/sistema-captacion-agua-pluvial?utm\\_source=](https://www.bionia.mx/sistema-captacion-agua-pluvial?utm_source=)

[https://www.gardencentral.mx/tecnologias\\_verdes?utm\\_source](https://www.gardencentral.mx/tecnologias_verdes?utm_source)

[https://www.re10chilesypimientos.com/huertos-urbanos-citysens/?utm\\_source](https://www.re10chilesypimientos.com/huertos-urbanos-citysens/?utm_source)

[https://acrocarpus.com/productos/?utm\\_source](https://acrocarpus.com/productos/?utm_source)