



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO

**SISTEMA AUTÓNOMO DE MONITOREO Y SUMINISTRO
DE AGUA EN PLANTAS DE ORNATO**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

QUE PRESENTA

RICARDO MANUEL MENDOZA MENDOZA

DIRECTORES:

DRA. IRMA MARTÍNEZ CARRILLO

DR. CARLOS JUÁREZ TOLEDO

TIANGUISTENCO, MÉXICO OCTUBRE 2016

RESUMEN

El cuidado al medio ambiente es una tarea que se debe realizar buscando estrategias para concientizar a la sociedad, fomentando una responsabilidad social. Es por ello que en este trabajo se plantea el desarrollo de un sistema autónomo capaz de mantener en condiciones óptimas el crecimiento y vida de las plantas de ornato.

Otro factor importante es la influencia del sector laboral primario en el ámbito de desarrollo económico, por lo que es importante la implementación de nuevas tecnologías con el fin de desarrollar y optimizar los niveles de producción del sector primario.

En este trabajo se propone un sistema diseñado mediante la teoría de control moderno el cual ayuda a la optimización del gasto de agua en una planta de ornato. Para ésto se desarrollará un sistema de riego autónomo con la capacidad de regular el suministro de agua, estableciendo un monitoreo mediante una conexión con dispositivos móviles.

Además, se busca la implementación de tecnología mexicana diseñada con la finalidad de incursionar en el ámbito de la manutención de plantas de ornato mediante la utilización de herramientas y equipo de bajo costo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	pág.
GLOSARIO.....	5
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN	
1.1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.3. OBJETIVOS.....	9
1.4. HIPÓTESIS.....	9
1.5. METODOLOGÍA.....	10
1.6. ANTECEDENTES.....	14
1.7. ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	15
1.8. CRONOGRAMA.....	16
1.9. REFERENCIAS.....	17
CAPÍTULO 2 PLANTAS ORNAMENTALES Y SUS CARACTERÍSTICAS	
2.1. INTRODUCCIÓN.....	18
2.2. ACTIVIDADES REFERENTES A LAS PLANTAS ORNAMENTALES.....	18
2.3. PLANTAS ORNAMENTALES MÁS COMÚNMENTE UTILIZADAS.....	28
2.4. FORMAS CONVENCIONALES DE CUIDADO.....	30
2.5. ENFERMEDADES MÁS COMUNES EN LAS PLANTAS.....	34
2.5.1. Otras enfermedades.....	35
2.6. SISTEMAS DE RIEGO CONVENCIONALES.....	36
2.7. BIBLIOGRAFÍA.....	38

CAPÍTULO 3
DISEÑO AUTÓNOMO DE MONITOREO Y RIEGO

3.1. INTRODUCCIÓN.....	39
3.2. ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AUTÓNOMO.....	40
3.2.1. Componentes electrónicos.....	41
3.2.2. Sensores de humedad y temperatura, características.....	43
3.3. DISEÑO ELECTRÓNICO.....	45
3.3.1. Regulador de voltaje.....	45
3.3.2. Sensor de humedad de suelo.....	46
3.3.3. Sensor de humedad relativa y temperatura.....	47
3.3.4. Módulo bluetooth HC-05.....	48
3.3.5. Control de la bomba de agua por medio de pwm.....	48
3.4. CIRCUITO ELÉCTRICO DEL SISTEMA EN GENERAL.....	49
3.5. PROGRAMA.....	50
3.5.1. Algoritmo.....	53
3.6. SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO.....	55
3.7. BIBLIOGRAFÍA.....	57

CAPÍTULO 4
IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

4.1. INTRODUCCIÓN.....	58
4.2. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS.....	59
4.3. MUESTRAS.....	61
4.4. IMPLEMENTACIÓN.....	62
4.5. COSTOS.....	65
4.6. CONCLUSIONES.....	67

CAPÍTULO 5
CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. CONCLUSIONES.....	68
5.2. TRABAJOS FUTUROS.....	69
APÉNDICES.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1.1. Materiales a utilizar.....	11
Tabla 2.1. Índice poblacional.....	19
Tabla 2.2. Estados con mayor número de empleabilidad a nivel nacional.....	20
Tabla 2.3. Personas empleadas a nivel nacional de acuerdo a su sector laboral.....	21
Tabla 2.4. Personas empleadas en el Estado de México de acuerdo a su sector laboral.....	22
Tabla 2.5. Personas empleadas a nivel nacional en el sector laboral primario.....	23
Tabla 2.6. Superficie ocupada y ventas por invernaderos.....	24
Tabla 2.7. Superficie ocupada y ventas por viveros.....	26
Tabla 2.8. Plantas ornamentales más comunes.....	28
Tabla 2.9. Caracterizas de los sustratos.....	33
Tabla 2.10. Enfermedades causadas por insectos.....	34
Tabla 2.11. Enfermedades causadas por hongos.....	35
Tabla 2.12. Sistemas de riego autónomo existentes.....	36
Tabla 3.1. Características de los elementos que conforman el sistema autónomo de monitoreo y riego.....	40
Tabla 3.2. Componentes electrónicos.....	42
Tabla 3.3. Sensores utilizados.....	44
Tabla 4.1. Mediciones de comparación en dos plantas.....	62
Tabla 4.2. Costos.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1.1. Diagrama de control del sistema.....	10
Figura 1.2. Identificación de parámetros a medir.....	11
Figura 1.3. Diagrama esquemático del proceso de monitoreo del sistema de riego.....	13
Figura 1.4. Componentes básicos de un sistema de control.	14
Figura 2.1. Mapa de estados con mayor territorio destinado a invernaderos.....	25
Figura 2.2. Mapa de estados con mayor territorio destinado a viveros.....	27
Figura 3.1. Regulador de voltaje.....	45
Figura 3.2. Circuito de conexión del sensor de humedad de suelo.	46
Figura 3.3. Circuito de conexión del sensor DHT11.....	47
Figura 3.4. Circuito de conexión del módulo bluetooth HC-05.....	48
Figura 3.5. Circuito de conexión del control pwm.....	49
Figura 3.6. Circuito de conexión del sistema.....	50
Figura 3.7. Inicio del programa, declaración de librerías e inicio de la comunicación serial.....	51
Figura 3.8. Programa de medición del sensor de humedad de suelo.....	51
Figura 3.9. Mediciones del sensor de temperatura y humedad relativa y activación de la bomba...	52
Figura 3.10. Declaración del tiempo de espera entre mediciones.....	52
Figura 3.11. Diagrama de flujo del sistema.....	54
Figura 3.12. Circuitos de regulador de voltaje y control pwm.....	55
Figura 3.13. Sistema de autónomo de monitoreo y riego.....	55
Figura 3.14. Conexión interna de los componentes del sistema.....	56
Figura 4.1. Planta 1 riego convencional.....	59
Figura 4.2. Planta 2 riego autónomo.....	60
Figura 4.3. Pantalla de la aplicación de monitoreo.....	60
Figura 4.5. Plantas después de un tiempo.....	61
Figura 4.6. Gráfica de comparación de humedad del suelo.....	63
Figura 4.7. Gráfica de comparación de humedad relativa.....	64
Figura 4.8. Gráfica de comparación de temperatura.....	64
Figura 4.9. Propuesta de aplicación del sistema.....	66

Automatización: Este verbo, por su parte, alude a hacer que determinadas acciones se vuelvan automáticas es decir, que se desarrollen por sí solas y sin la participación directa de un individuo.

Autorregulación: Es la capacidad que posee una entidad para lograr un equilibrio espontáneo, sin necesidad de la intervención de otros factores.

Confort: Se trata de aquello que brinda comodidades y genera bienestar al usuario.

Divergen: Diferencia de pensamiento de acuerdo al punto de vista personal de cada individuo para la búsqueda de alternativas o posibilidades creativas.

Hardware: Conjunto de componentes que conforman la parte física de una computadora suele distinguirse entre básico (los dispositivos necesarios para iniciar el funcionamiento de un ordenador) y complementario (realizan ciertas funciones específicas).

IDE: Del inglés Integrated Development Environment, o Entorno de Desarrollo Integrado, es un entorno de programación que ha sido desarrollado como un programa de aplicación, el cual consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica.

Manutención: Conjunto de acciones necesarias para mantener a un ser vivo o sistema en óptimas condiciones brindándole lo necesario para su desarrollo.

Metodología: El concepto hace referencia al plan de investigación que permite cumplir ciertos objetivos en el marco de una ciencia. Entendiendo a la metodología como el conjunto de procedimientos que determinan una investigación de tipo científico o marcan el rumbo de una exposición doctrinal.

Ornato: Adorno o conjunto de adornos para embellecer algo.

PCB: Del inglés Printed Circuit Board o plaqueta de circuito impreso, es una superficie constituida por caminos de material conductor laminados sobre una base no conductora. Es utilizada para conectar de manera sencilla eléctricamente diferentes componentes electrónicos.

Prototipo: Este término se emplea para nombrar al primer dispositivo que se desarrolla de algo y que sirve como modelo para la fabricación de los siguientes o como muestra.

PWM: La modulación por ancho o de pulso del inglés pulse width modulation, es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía, emulando una señal analógica.

Software: Es el equipamiento lógico e intangible de un ordenador que permite al usuario tener el control sobre el hardware (componentes físicos) y dar soporte a otros programas informáticos.

Suministro: Actividad que se lleva a cabo para satisfacer las necesidades de consumo de una estructura económica o física.

Tensión: La tensión o tensión eléctrica también se conoce como voltaje, cuya unidad de medida es el voltio.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En tiempos actuales derivado del gran avance tecnológico, científico y de telecomunicaciones, las actividades y el estilo de vida del ser humano se han ido modificando, esta situación ha hecho que hoy por hoy se requiera que más de un miembro de la familia salgan en busca del sustento económico siendo principalmente ambos padres quienes lo hacen.

Por tal motivo y en apoyo de esa ausencia del hogar por tiempos prolongados, se buscar implementar técnicas de apoyo para el cuidado en el hogar, enfocadas al cuidado de las plantas y/o jardines, debido a que este tipo de tareas requieren de cierto tiempo para ser llevadas a cabo.

Es por ello, que dada la importancia del cuidado del medio ambiente y recursos naturales se han implementado sistemas inteligentes que suministran de agua y fertilizantes a las plantas. Entre los más comunes, se enuncian los siguientes:

- Smart water plant management information monitoring system [1].
- Sistema de riego autónomo con auto calibración en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en el suelo [2].

- Sistema de riego de plantas de interior basado en Redes Inalámbricas de sensores y dispositivos móviles inteligentes [3].
- Sistema de riego basado en inteligencia artificial [4].
- Automatización, monitoreo y control remoto de un sistema de riego agrícola con código abierto [5].

La mayoría de estos sistemas se enfocan a la automatización del riego de cultivos, solo unos cuantos al monitoreo de las plantas y jardines del hogar, ayudando de esta manera en la manutención de los mismos reduciendo el tiempo invertido en estas tareas permitiendo ocuparlo en otras actividades.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una de las grandes preocupaciones a nivel mundial, es el cuidado y preservación del medio ambiente para erradicar el calentamiento global, es por ello que se han buscado estrategias para implementar cambios en la conducta social y cultural de la sociedad y que en gran medida todos los sectores se involucren directamente en actividades cotidianas que ayuden al cuidado y preservación de los recursos naturales. Es por ello, que en este trabajo se diseñara un sistema autónomo de suministro de agua, con el fin de utilizar y abastecer a la planta con la humedad requerida mediante un sistema de monitoreo y control aplicado en sistema de riego inteligente.

En este trabajo se pretende llevar a cabo un estudio sobre el suministro de agua autónomo a las plantas, así como su comparación de crecimiento, calidad y gasto de agua, por medio de la comparación de un sistema de riego autónomo y uno convencional.

El sistema autónomo de suministro de humedad en plantas, tendrá la capacidad de suministrar la cantidad de agua necesaria a las plantas, con el fin de mantener un nivel adecuado de humedad en éstas, ayudando a reducir el gasto de agua y mejorando la utilización de fertilizantes, para este caso se controlara un

sistema de riego en el hogar con el propósito de tener la capacidad de suministrar la cantidad de agua necesaria para las plantas.

1.3. OBJETIVOS

El objetivo principal de esta tesis es realizar una representación y análisis de los sistemas de control y autorregulación, para el monitoreo del sistema nos basáremos en la metodología de control maestro esclavo el cual consiste en la recepción y envío de órdenes, realizando el diseño del sistema por medio de la plataforma de programación arduino.

Se diseñara un sistema de riego autónomo de plantas y/o jardines, con el fin de regular el gasto de agua y fertilizante, conservando los niveles de humedad requeridos para el crecimiento óptimo de la planta.

Otros objetivos que persigue en este proyecto son:

- Programación del circuito de medición y control.
- Instalación puesta en funcionamiento de los sensores del sistema.
- Diseño de la interfaz (aplicación para smartphone y el controlador del sistema).
- Diseño de la conexión bluetooth (conexión del sistema con la aplicación para smartphone).
- Monitoreo del sistema en funcionamiento (implementación del prototipo, medición de su desempeño y toma de conclusiones finales).

1.4. HIPÓTESIS

Es posible controlar un sistema de riego autónomo casero como se muestra en la figura 1.1, mediante el uso de la plataforma arduino que será capaz de enviar información en tiempo real de las condiciones de una planta y/o jardín a un

dispositivo móvil, dicho control se encargará de autorregular las variables consideradas dentro del sistema, con el fin de mantener el sistema en condiciones óptimas, también contará con la capacidad de enviar información en tiempo real de las condiciones del sistema.

Para ésto se realizará una comparación del desarrollo de las plantas a pequeña escala, así también como la comparación del gasto de agua, con un sistema de riego tradicional y un autónomo.

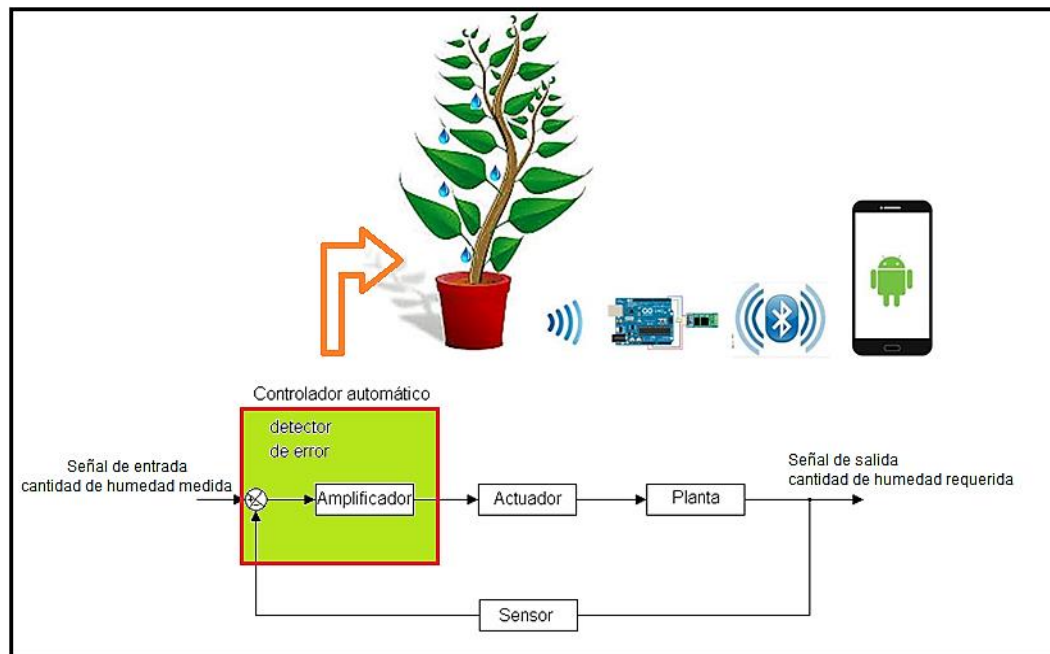


Figura 1.1. Diagrama de control del sistema.

1.5. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el desarrollo de la presente tesis propuesto se ha llevado a cabo el seguimiento y revisión de los siguientes procedimientos:

1. **Documentación bibliográfica:** Con el objetivo de conocer la existencia de métodos y técnicas similares al sistema propuesto, para verificar la factibilidad del sistema y los posibles puntos de aplicación, así como las

plataformas de programación más adecuadas para su uso y que cumplan con la características necesarias a utilizar.

- 2. Identificación de parámetros a medir:** Se requiere conocer características del suelo, y las plantas, con la finalidad de establecer un parámetro de humedad de plantas comúnmente utilizadas en casa o jardín, tal como se muestra en la figura 1.2.

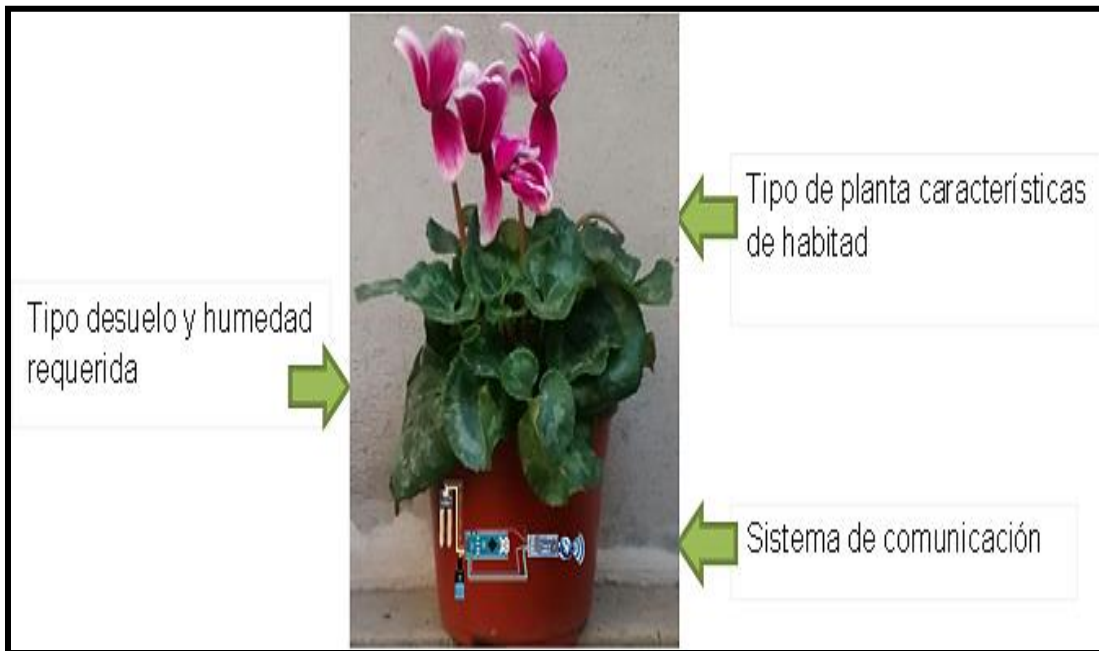



Figura 1.2. Identificación de parámetros a medir.

- 3. Selección de material:** La selección previa de los materiales, más importantes se enlistan en la tabla 1.1.

Tabla 1.1.
Materiales a utilizar [6].

CANTIDAD	COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS
1	Placa electrónica	Arduino 1, ATmega328 

1	Placa electrónica	Modulo bluetooth HC-06 
4	Sensores de humedad de suelo y relativa, y sensor de temperatura	
2	Celda solar de 9v	
1	Batería recargable de 9v	
1	Mini bomba de agua	

4. Diseño de control autónomo: Por medio de una tarjeta electrónica programable tipo PCB de uso comercial será creada una interfaz la cual establecerá conexión con algún dispositivo móvil. Se han realizado pruebas para los sensores que serán utilizados, así como el desarrollo del prototipo del controlador.

5. Calibración de parámetros de humedad: Para el suministro de agua en el sistema y delimitar de manera óptima un espacio adecuado para su implementación. Con el prototipo desarrollado se observara el cambio de las variables (humedad de suelo, humedad relativa y temperatura) que serán consideradas en el desarrollo de la planta.

6. Experimentación: Para conocer la factibilidad del sistema propuesto, se podrá la puesta en marcha verificando principalmente los parámetros que se indican en la figura 1.3.

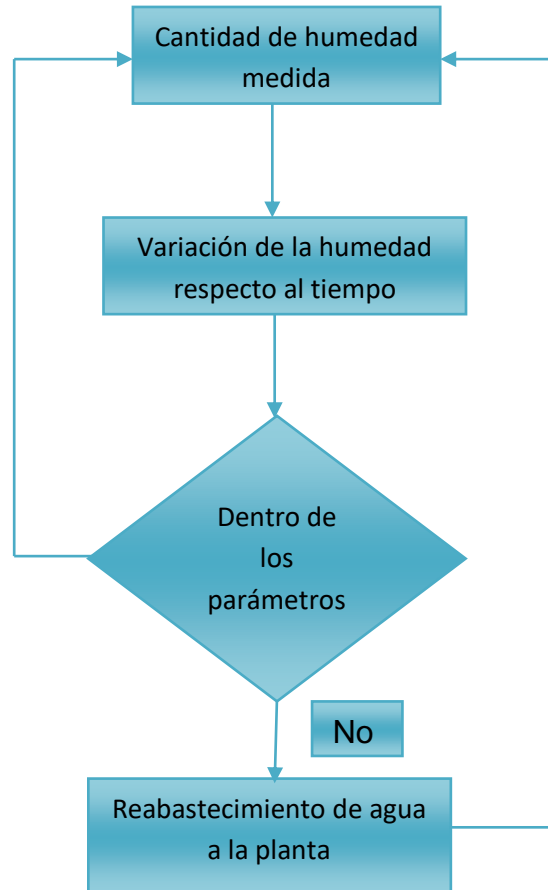


Figura 1.3. Diagrama esquemático del proceso de monitoreo del sistema de riego.

7. Conclusiones: Los resultados y conclusiones conocer sobre la funcionalidad del sistema propuesto. Dada la importancia de mantener la planta en las mejores condiciones de humedad, podemos observar que el prototipo elaborado permite mantener la planta con las condiciones de humedad adecuadas para su crecimiento óptimo.

1.6. ANTECEDENTES

Ante el constante avance de la tecnología en diversas áreas de la ciencia ha dado lugar a la búsqueda de un confort en el estilo de vida cotidiano. El desarrollo de este proyecto se basa en la aplicación de diversos conceptos de automatización y control moderno. Entre los elementos más importantes que definen la pauta a llevar a cabo este trabajo son [7]:

- ❖ **Señal de entrada:** Es el valor de ajuste o valor guía, entrega al sistema de control el valor deseado de la variable regulada.
- ❖ **Controlador automático:** Dispositivo cuya función es comparar el valor real de la salida de la planta con la entrada de referencia, determina el error y produce una señal de atenuación que reduce la desviación de error o la disminuye a cero.
- ❖ **Amplificador:** Dispositivo que amplifica la intensidad de una señal de entrada de referencia.
- ❖ **Actuador:** Es un dispositivo capaz de transformar la energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de una acción para originar un efecto sobre el proceso.
- ❖ **Sensor:** Elemento de medición de error en el entorno.
- ❖ **Señal de salida:** Señal regulada o valor real, indica el valor actual que tiene la señal que se está controlando.

La figura 1.4, muestra el diagrama de bloques de lazo cerrado para el diseño del sistema de monitoreo y riego autónomo propuesto en este proyecto.

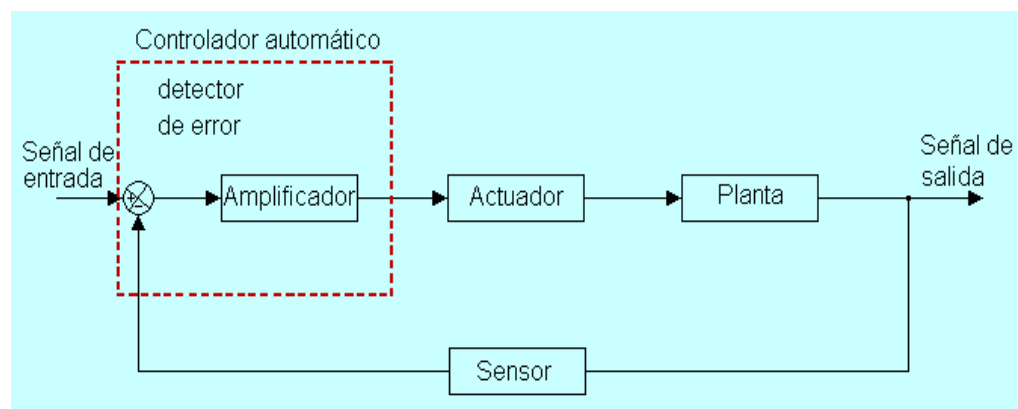


Figura 1.4. Componentes básicos de un sistema de control.

1.7. ESTRUCTURA DE LA TESIS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se realizará una breve descripción del contenido de la tesis así como de los resultados esperados.

CAPÍTULO 2. PLANTAS DE ORNATO SECTOR PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE CULTIVO

En el capítulo 2 se realizará un estudio sobre la influencia de la producción en el sector laboral y económico de plantas de ornato dentro del Estado de México, así como de las características de habitación de algunas de las plantas de ornato más comunes dentro de las viviendas.

CAPÍTULO 3. DISEÑO AUTÓNOMO DE MONITOREO Y RIEGO

Dentro de este capítulo se describirán las características de los componentes utilizados para el desarrollo del sistema autónomo de monitoreo y riego, se mostrará como se desarrollaron los circuitos eléctricos de cada componente, se describirá el código de programación utilizado en el sistema y su funcionamiento.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

En este capítulo será Implementado el sistema autónomo de monitoreo y riego, con el fin de llevar a cabo una serie de pruebas comparativas entre el riego por medio del sistema propuesto y un sistema de riego convencional, con base a las muestras obtenidas se presentarán los resultados de este estudio.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Con base a los resultados obtenidos por los estudios realizados, serán mostradas las conclusiones sobre si el sistema es viable para su implementación, que áreas de desarrollo se encuentran para este y los trabajos futuros que se pueden realizar con este proyecto como base.

1.8. CRONOGRAMA

A continuación se detallan el proceso de desarrollo de la investigación escritura y titulación proponiendo un periodo de 12 meses.

Actividad desarrollar a	Tiempo en meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recopilación de datos bibliográficos	X	X										
Desarrollo del programa		X	X									
Programación del sistema bajo los protocolos maestro-esclavo			X	X								
Desarrollo del controlador físico				X	X	X						
Obtención y validación de datos							X	X				
Elaboración de prácticas de laboratorio									X	X	X	
Escritura de la tesis											X	X
Trámites de titulación												X

1.9. REFERENCIAS

- [1]. Espacenet Patent search, "**Smart water plant management information monitoring**", patente No. CN104156900.
- [2]. Ros Torrecillas, S.; Ros Muñoz, M.; Matilde Bacarizo S., "**Sistema de riego autónomo con auto calibración en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en el suelo**", CEBAAs, 2010.
- [3]. Nieves Pavón; López J, Fuentes M, Suardíaz J y Ferruz J, "**Sistema de riego de plantas de interior basado en Redes Inalámbricas de Sensores y dispositivos móviles inteligentes.**" Ornadassarteco 2012.
- [4]. Espacenet Patent search, "**SISTEMA DE RIEGO BASADO EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL.**" patente No. ES2377394.
- [5]. Pérez J.; Koo J.; Garcia F.; Carmona J., "**Automatización, monitoreo y control remoto de un sistema de riego agrícola con código abierto**". accei.org 2015.
- [6]. O. Torrente, "**Arduino curso práctico de formación**", Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., México, ISBN: 978-607-707-648-3, 2013.
- [7]. G. Higuera Andrés, "**El control automático en la industrial,**" Ediciones de la Universidad de Castilla La Mancha., España, ISBN: 84-8427-405-5, 2006.

CAPÍTULO 2

PLANTAS ORNAMENTALES Y SUS CARACTERÍSTICAS

2.1. INTRODUCCIÓN

Al ser humano siempre le ha gustado convivir con la naturaleza, es por eso que una necesidad inherente a las personas es decorar las áreas de esparcimiento, lugares de trabajo, habitaciones etc., con elementos pertenecientes a la naturaleza, ya sean fuentes, árboles, plantas de ornato, piedras de río, entre otros más esto es debido a que este tipo de decoraciones brinda cierta armonía y mejora el aspecto de los espacios donde se les ubica.

En este capítulo se estudia la importancia de las plantas ornamentales en la actividad económica de la sociedad mexicana centrándose principalmente en el estado de México además se consideran aspectos importantes de medidas de cuidado necesarias tales como temperatura, iluminación, riego, etc., para asegurar el bienestar y la satisfacción de las necesidades de las plantas de ornato en interiores.

2.2. ACTIVIDADES REFERENTES A LAS PLANTAS ORNAMENTALES

En estudios proporcionados por la Encuesta Interresal (2015) INEGI, sobre el índice poblacional se resalta a los 20 estados con mayor número de habitantes dentro del territorio mexicano, como se muestra en la tabla 2.1., donde se puede

observar que el estado de México destaca con una población del 13.5% a nivel nacional.

Tabla 2.1.
Índice poblacional [1].

ESTADO	NÚMERO DE HABITANTES	PORCENTAJE DE HABITANTES A NIVEL NACIONAL
México	16 187 608	13.5
Distrito Federal	8 918 653	7.5
Veracruz de Ignacio de la Llave	8 112 505	6.8
Jalisco	7 844 830	6.6
Puebla	6 168 883	5.2
Guanajuato	5 853 677	4.9
Chiapas	5 217 908	4.4
Nuevo León	5 119 504	4.3
Michoacán de Ocampo	4 584 471	3.8
Oaxaca	3 967 889	3.3
Chihuahua	3 556 574	3.0
Guerrero	3 533 251	3.0
Tamaulipas	3 441 698	2.9
Baja California	3 315 766	2.8
Sinaloa	2 966 321	2.5
Coahuila de Zaragoza	2 954 915	2.5
Hidalgo	2 858 359	2.4
Sonora	2 850 330	2.4
San Luis Potosí	2 717 820	2.3
Tabasco	2 395 272	2.0
Yucatán	2 097 175	1.8
Total de habitantes en la República mexicana	119 530 753	

Como parte de este estudio se realizó una investigación sobre la ocupación laboral a nivel nacional, en base a los datos obtenidos de la encuesta nacional de ocupación y empleo, se muestra a los 20 estados con mayor número de ocupación

laboral a nivel nacional [2], tal como se ilustra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2.
Estados con mayor número de empleabilidad a nivel nacional [2].

ESTADO	TOTAL POR ESTADO	PORCENTAJE A NIVEL NACIONAL
México	7 049 630	13.7
Chiapas	4 133 242	8.0
Jalisco	3 513 266	6.8
Veracruz de Ignacio de la Llave	3 025 857	5.9
Puebla	2 619 186	5.1
Guanajuato	2 454 418	4.8
Nuevo León	2 290 795	4.5
Michoacán de Ocampo	1 959 336	3.8
Coahuila de Zaragoza	1 912 393	3.7
Oaxaca	1 692 831	3.3
Colima	1 573 847	3.1
Baja California Sur	1 556 273	3.0
Tamaulipas	1 549 043	3.0
Guerrero	1 452 815	2.8
Sonora	1 346 390	2.6
Sinaloa	1 291 812	2.5
Chihuahua	1 258 370	2.4
San Luis Potosí	1 176 843	2.3
Hidalgo	1 172 185	2.3
Total de personas empleadas a nivel nacional	51 433 590	

Para lograr tener una panorama general del número de personas empleadas por sector de actividad económica, a nivel nacional y en el Estado de México, ya que este es el estado con mayor número de habitantes y sobre el cual se centrara el presente estudio, se muestran los datos obtenidos de la encuesta

nacional de ocupación y empleo, tal como se muestra en las tablas 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3.
Personas empleadas a nivel nacional de acuerdo a su sector laboral [2].

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA.	NÚMERO DE PERSONAS EMPLEADAS.	PORCENTAJE A NIVEL NACIONAL.
Primario	6 615 476	12.9
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	6 615 476	12.9
Secundario	13 022 846	25.3
Industria extractiva y de la electricidad	424 344	0.8
Industria manufacturera	8 336 876	16.2
Construcción	4 261 626	8.3
Terciario	31 527 453	61.3
Comercio	9 714 071	18.9
Restaurantes y servicios de alojamiento	3 868 190	7.5
Transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento	2 539 419	4.9
Servicios profesionales, financieros y corporativos	3 614 540	7.0
Servicios sociales	4 109 547	8.0
Servicios diversos	5 420 140	10.5
Gobierno y organismos internacionales	2 261 546	4.4
No especificado	267 815	0.5
Total a nivel nacional	51 433 590	

Tabla 2.4.

Personas empleadas en el Estado de México de acuerdo a su sector laboral [3].

SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	NÚMERO DE PERSONAS EMPLEADAS EN EL ESTADO DE MÉXICO.	PORCENTAJE DE PERSONAS EMPLEADAS EN EL ESTADO DE MÉXICO.
Primario	325 155	4.6
Agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	325 155	4.6
Secundario	1 904 073	27.0
Industria extractiva y de la electricidad	41 132	0.6
Industria manufacturera	1 221 030	17.3
Construcción	641 911	9.1
Terciario	4 788 728	67.9
Comercio	1 478 231	21.0
Restaurantes y servicios de alojamiento	503 057	7.1
Transportes, comunicaciones, correo y almacenamiento	491 121	7.0
Servicios profesionales, financieros y corporativos	620 270	8.8
Servicios sociales	534 329	7.6
Servicios diversos	813 719	11.5
Gobierno y organismos internacionales	348 001	4.9
No especificado	31 674	0.4
Total	7 049 630	

En datos estadísticos realizados por el INEGI a partir del segundo trimestre del 2016 el estado de México tiene una población del 13.5% de la población a nivel nacional siendo el estado con mayor número de habitantes, en cuanto a la situación laboral sus habitantes que se emplean en los tres sectores de actividad económica [3], son:

- 4.6% de la población para el trabajo del sector económico primario.
- 27% de la población para el sector económico secundario.
- 67.9% de la población en el sector económico terciario.

- 0.4% de la población en un sector económico no especificado.

Con la finalidad de conocer la posición del Estado de México a nivel nacional, con respecto al número de personas empleadas en el sector laboral primario se muestran los datos obtenidos de la encuesta nacional de ocupación y empleo, donde se resalta a los 20 estados con mayor número de personas empleadas para este sector primario, tal como se ilustra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5.
Personas empleadas a nivel nacional en el sector laboral primario [4].

ESTADO	NÚMERO DE PERSONAS EMPLEADAS EN EL SECTOR PRIMARIO	PORCENTAJE DE PERSONAS EMPLEADAS
Veracruz de Ignacio de la Llave	751 607	11,4
Coahuila de Zaragoza	698 466	10,6
Puebla	573 946	8,7
Oaxaca	536 028	8,1
Michoacán de Ocampo	490 984	7,4
Guerrero	427 166	6,5
México	325 155	4,9
Jalisco	309 464	4,7
Guanajuato	246 375	3,7
San Luis Potosí	225 426	3,4
Hidalgo	216 428	3,3
Sinaloa	209 482	3,2
Sonora	153 321	2,3
Colima	147 854	2,2
Zacatecas	141 152	2,1
Yucatán	113 806	1,7
Tabasco	111 265	1,7
Nayarit	111 195	1,7
Tamaulipas	108 377	1,6
Durango	99 038	1,5

En la tabla anterior se puede observar que el Estado de México ocupa el séptimo lugar de ocupación laboral a nivel nacional en el sector primario. Con base a esto se muestra, la cantidad de superficie de terreno destinada para uso de invernaderos y viveros dentro de la república mexicana, y los que reportan ventas identificados en del censo agropecuario 2007 [5, 6], tal como se muestra en la tabla 2.6, donde se señalan los 20 estados con mayor ocupación territorial destinada para siembra en invernadero.

Tabla 2.6.
Superficie ocupada y ventas por invernaderos [5].

ESTADO	NO. DE HECTÁREAS DESTINADAS A INVERNADEROS	NO. DE INVERNADEROS CON PRODUCCIÓN	NO. DE INVERNADEROS QUE REPORTAN VENTAS
México	1 868.74	5 034	2 911
Chiapas	882.91	1 187	702
Michoacán de Ocampo	860.94	946	437
Puebla	835.30	2 309	827
Sinaloa	783.79	351	49
Sonora	773.94	138	54
Jalisco	765.67	629	227
Oaxaca	572.70	1 074	277
Veracruz llave	525.69	795	234
Zacatecas	508.99	395	67
Guanajuato	355.25	540	183
Hidalgo	340.65	862	423
San Luis Potosí	313.82	233	62
Tlaxcala	308.45	429	182
Guerrero	298.65	326	55
Chihuahua	292.55	386	59
Baja california	284.15	117	35
Morelos	250.53	507	310
Baja california sur	235.58	90	16
Tabasco	224.83	104	8

Los estados con mayor terreno destinado para invernaderos de la tabla 2.6 se detallan geográficamente en la figura 2.1:

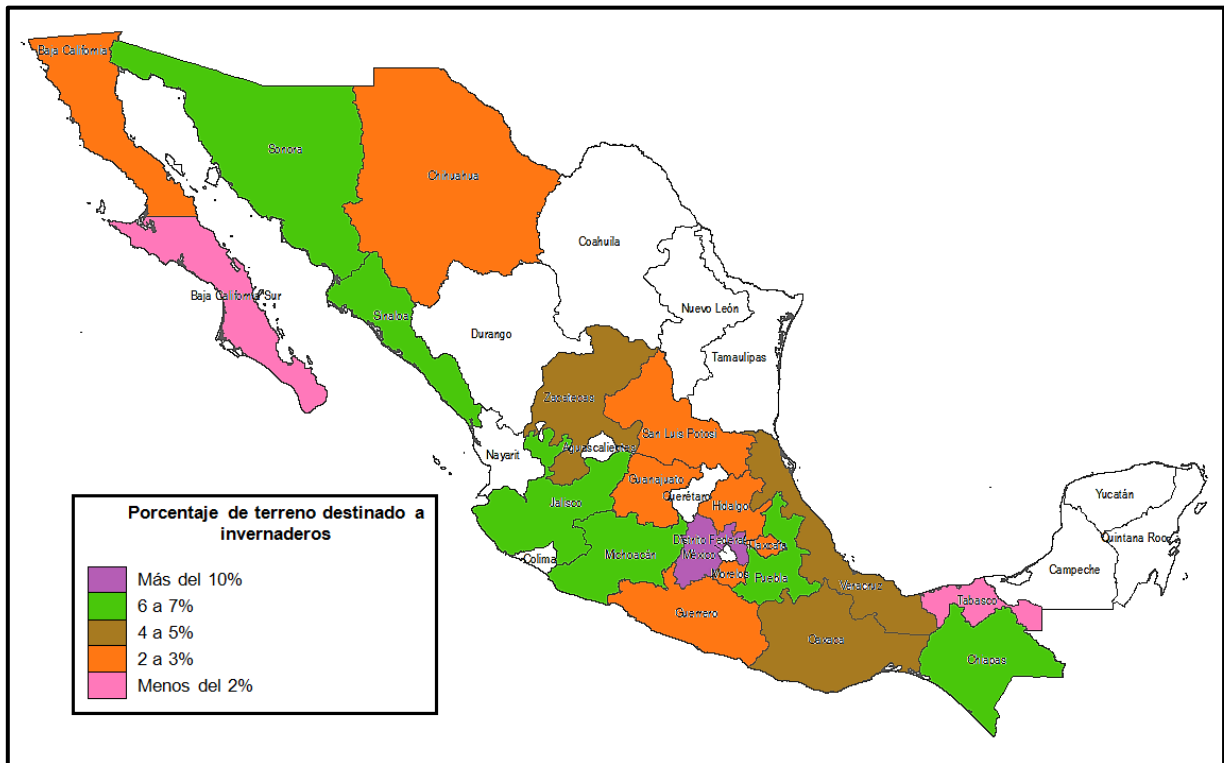


Figura 2.1. Mapa de estados con mayor territorio destinado a invernaderos.

En cuanto a la cantidad de terreno destinado a nivel nacional para uso en viveros se muestra a continuación en la siguiente tabla 2.7, donde se destaca a los 20 estados con mayor ocupación territorial destinada a viveros [6].

Tabla 2.7.
Superficie ocupada y ventas por viveros [6].

ESTADO	NO. DE HECTÁREAS DESTINADAS A INVERNADEROS	NO. DE INVERNADEROS CON PRODUCCIÓN	NO. DE INVERNADEROS QUE REPORTAN VENTAS
Chiapas	4 915.47	2 869	420
Veracruz llave	2 694.19	4 322	1 238
Puebla	1 733.96	3 593	1 419
Oaxaca	1 559.82	1 944	375
Michoacán de Ocampo	1 436.80	1 360	495
Guerrero	1 076.96	1 150	440
Chihuahua	948.03	466	59
Jalisco	829.27	747	181
Nuevo león	828.49	484	200
México	817.16	1 452	490
Zacatecas	754.01	455	58
Nayarit	602.27	1 263	238
Tabasco	554.15	396	109
Sinaloa	533.24	422	71
Morelos	512.71	976	771
Sonora	378.18	161	31
Coahuila de Zaragoza	337.63	175	25
Hidalgo	330.19	534	130
San Luis Potosí	320.08	525	134
Guanajuato	308.80	381	75

Los estados con mayor terreno destinado para viveros de la tabla 2.7 se detalla geográficamente en la figura 2.2.

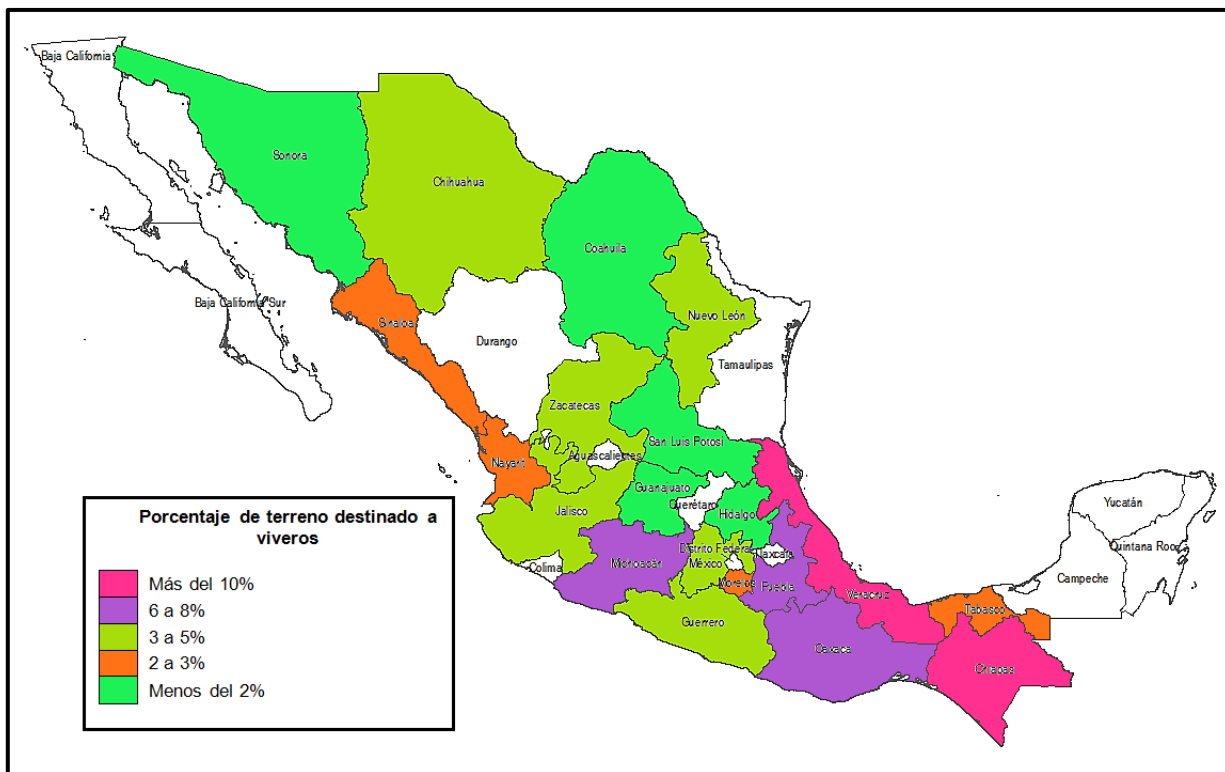


Figura 2.2. Mapa de estados con mayor territorio destinado a viveros.





En estudios realizados por el INEGI el Estado de México es el que cuenta con mayor número de habitantes y personas empleadas así como también el que este destina para su uso en invernaderos una mayor cantidad de terreno a nivel nacional, destinado alrededor de 1 868.74 hectáreas para este fin, mientras que en cuanto a la cantidad de terreno utilizado para viveros el estado de Chiapas destina 4 915.47 hectáreas siendo el que mayor cantidad de terreno destina para ese fin en comparación con el Estado de México que destina 817.16 hectáreas para viveros [6].






De acuerdo a estos estudios se puede observar que en el estado de México se encuentra una gran oportunidad para el desarrollo del sector laboral primario, debido a la gran cantidad de habitantes y terreno apropiado para el cultivo de diversos productos agrícolas y flores.





2.3. PLANTAS ORNAMENTALES MÁS COMÚNMENTE UTILIZADAS

Dentro de los hogares es común encontrar diferentes tipos de plantas ornamentales dentro de las habitaciones y pasillos, en la tabla 2.8 se describen las características de las plantas ornamentales encontradas comúnmente dentro de los hogares.

Tabla 2.8
Plantas ornamentales más comunes [7].

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS	CONDICIONES AMBIENTALES	IMAGEN / ILUSTRACIÓN
Begonia	Altura: 20 a 60cm.	Temperatura: 15 -20°C. Riego: moderado. Ubicación: a plena luz.	
Caladium - Caladio	Altura: 25 a 40cm.	Temperatura: 18 -21°C. Riego: medio. Ubicación: penumbra.	
Calathea - Calatea	Altura: 1m.	Temperatura: 18°C. Riego: abundante. Ubicación: sombra.	
Chlorophytum - Cintas o falangio	Altura: 25cm.	Temperatura: 17 -26°C. Riego: abundante. Ubicación: luz indirecta.	

<p>Cyclamen - pamporcino</p>	<p>Altura: 30cm.</p>	<p>Temperatura: 10 -15°C. Riego: medio. Ubicación: luz indirecta.</p>	
<p>Dieffenbachia - Difembaquia</p>	<p>Altura: 80 a 180cm.</p>	<p>Temperatura: 15 -21°C. Riego: medio. Ubicación: luz indirecta.</p>	
<p>Hortensia</p>	<p>Altura: 50 a 150cm.</p>	<p>Temperatura: 15 -18°C. Riego: abundante. Ubicación: luz indirecta.</p>	
<p>Saintpaulia - Violeta africana</p>	<p>Altura: 8 a 10cm.</p>	<p>Temperatura: 18 -24°C. Riego: medio. Ubicación: luz indirecta.</p>	
<p>Sansevieria - Lengua de tigre</p>	<p>Altura: 15 a 120cm.</p>	<p>Temperatura: 13 -18°C. Riego: escaso. Ubicación: luz indirecta.</p>	

<p>Schefflera - Seflera</p>	<p>Altura: 2 m.</p>	<p>Temperatura: 13 -24°C. Riego: abundante. Ubicación: luz indirecta.</p>	
<p>Spathiphyllum - Espatifilo</p>	<p>Altura: 30 a 60cm.</p>	<p>Temperatura: 16 -27°C. Riego: abundante. Ubicación: penumbra.</p>	
<p>Tolmiea</p>	<p>Altura: 15 a 25cm.</p>	<p>Temperatura: 13 -21°C: Riego: abundante. Ubicación: Penumbra.</p>	
<p>Zantedeschia - cala</p>	<p>Altura: 45 a 90cm.</p>	<p>Temperatura: 10 -16°C. Riego: abundante. Ubicación: luz indirecta.</p>	

2.4. FORMAS CONVENCIONALES DE CUIDADO

El tener plantas ornamentales dentro del hogar, requiere que las condiciones ambientales se adecuen a su habitat natural en las siguientes particularidades [7]:

- Iluminación
- Humedad
- Temperatura
- Riego
- Agua
- Abono
- Suelo

Entre los requerimientos de cuidado son necesarias las siguientes condiciones:

1. Iluminación: La luz provee a la planta la energía necesaria para realizar la fotosíntesis, ya que la falta de ella deforma a la planta, afectando su crecimiento y también adquiere decoloración en hojas y tallos. El tipo de iluminación puede ser natural o artificial, siendo sus características [8, 9]:

- Iluminación natural: la forma, número y tamaño de las ventanas, la presencia de edificios que obstruyan el sol, son factores que pueden afectar la cantidad de iluminación que recibe la planta, esta también se ve afectada por las estaciones del año ya que en invierno intensidad de los rayos es menor pero más directa y en verano los rayos del sol son menos directos pero más intensos.
- Iluminación artificial: El papel que desempeña la iluminación artificial para el bienestar de las plantas puede ser benéfico o contraproducente ya que dependiendo del tipo de fuente de luz y la cantidad de calor proporcionado, se puede beneficiar o afectar el desarrollo de la planta.

2. Temperatura: las plantas ornamentales se suelen clasificar en, plantas de interior cálido las cuales requieren temperaturas de entre 18 y 20°C y plantas de interior frío las cuales necesitan de temperaturas de entre 6 y 15°C [10].

El desarrollo de las plantas se ve influido por las estaciones del año y la temperatura respectiva de cada estación, siendo la primavera la época del año donde se desarrollan las plantas y el invierno donde la temperatura baja ocasionando una suspensión vegetativa la cual es un periodo en el que las plantas reducen el ritmo de sus funciones vitales y por ende de su desarrollo [9].

3. **Humedad:** La humedad del suelo, se debe encontrar en un nivel de entre un 50 y 75% con el fin de mantener húmeda la planta cuando el ambiente es caluroso o cuando hay corrientes de aire [9].
4. **Riego:** Consiste en proveer del agua necesaria a la planta dependiendo de las características ambientales donde se encuentra [10].
5. **Agua:** el agua de riego para proveer de humedad a la planta una de sus funciones principales es, disolver las sales minerales del suelo interviene en los procesos de transformación y transporta sustancias de un lugar a otro, lo más recomendable sería regar la planta con agua de lluvia o destilada o en su defecto hervir el agua dura para reducir la cantidad de sales [8, 10].
6. **Suelo:** Las características principales del suelo son [9,11]
 - **Tempero:** Es el grado óptimo de humedad del suelo, así como su disponibilidad de nutrientes y características de permeabilidad para el cultivo de las plantas.
 - **PH:** El nivel de acidez o alcalinidad del suelo debiendo de mantenerse preferiblemente neutro, ya que un suelo ácido retiene poco los nutrientes mientras que un suelo alcalino asimila mal el hierro el cual es crucial para la fotosíntesis.
 - **Textura:** El suelo se compone de arena y arcilla por esta razón su composición determinara el grado de fertilidad del suelo, capacidad de retención de agua y nutrientes, de acuerdo a la manera de su composición en cuanto a cantidades de arena y arcilla.
7. **Sustratos:** Los sustratos son las bases que sirven de sostén a la plantas ayudando a satisfacer sus necesidades tales como el suministro de nutrientes y agua [12].

Cumplen la función de complementar la calidad del suelo cuando esté en su estado natural no proporciona los nutrientes, características de

permeabilidad y tempero necesarias para la planta [11]. En la tabla 2.9 se muestran los tipos sustratos más frecuentes y sus características.

Tabla 2.9.
Caracterizas de los sustratos [9].

SUSTRATO	RETENCIÓN DE AGUA	PH	MATERIA ORGÁNICA
Arena	Nula	Neutro	Nula
Corteza de pino	Baja	Ácido	Muy alta
Perlita	Baja	Neutro	Nula
Poliestireno expandido	Nula	Neutro	Nula
Turba rubia	Alta	Muy ácido	Muy alta
Turba negra	Media	Ácido	Muy alta
Vermiculita	Media	Neutro	Nula

8. Abono: El abono es un conjunto de nutrientes que la planta necesita para desarrollarse, reproducirse y superar las condiciones del lugar donde vive, la aplicación de abonos deber ser en periodos precisos del desarrollo de la planta así como de acuerdo a las especificaciones de los fabricantes, evitando el exceso de abono el cual podría ser perjudicial para la planta [13]. Los principales nutrientes que se provee a las plantas mediante los abonos son los siguientes [14]:

- Nitrógeno: interviene en la producción de clorofila.
- Potasio: origina la germinación, ayuda a formar carbohidratos mejorando la calidad de los frutos.
- Fósforo: interviene en el crecimiento y formación de semillas.
- Calcio: contrarresta la acidez en la planta ocasionada por la ingesta de nitrógeno en exceso.
- Magnesio: construye la clorofila y ayuda a la formación de carbohidratos en las semillas para su germinación.
- Azufre: interviene en la formación de proteínas, aminoácidos,

enzimas y vitaminas.

- Hierro: esencial para la producción de clorofila y el crecimiento de la planta.
- Boro: indispensable para la fijación del nitrógeno y el calcio, aminorando la producción de azúcares.

2.5. ENFERMEDADES MÁS COMUNES EN LAS PLANTAS

Es común que una planta en buenas condiciones de salud no presente enfermedades graves, pero el riesgo de ser atacada por algún virus, bacteria, u hongo siempre está presente, siendo las bacterias y hongos más fáciles de erradicar por medio del uso de plaguicidas y medidas higiénicas, mientras que los virus son resistentes siendo lo más conveniente separar a las plantas enfermas [15].

Las plantas también pueden ser atacadas por hongos o animales que afectan su estado de salud, en la tabla 2.10 se describen las enfermedades causadas por insectos y en la tabla 2.11 las enfermedades causadas por hongos.

Tabla 2.10.
Enfermedades causadas por insectos [16].

ENFERMEDAD	CARACTERÍSTICAS	FORMA DE ATACAR
Pulgón	<ul style="list-style-type: none">• Hojas enrolladas.• Brotes en mal estado.• Sustancias pegajosas en la planta.	<ul style="list-style-type: none">• Cortar los tallos infestados.• Pulverizar con agua jabonosa.
Ácaros	<ul style="list-style-type: none">• Hojas marchitas.• Caída de hojas.	<ul style="list-style-type: none">• Cortar las partes afectadas.• Regar la planta por encima.• Pulverizar con agua de equisetos.
Mosca blanca	<ul style="list-style-type: none">• Tono amarillento en las hojas.• Caída de hojas.• Presencia notoria de estos insectos.	<ul style="list-style-type: none">• pulverizar la planta con agua de tanacetos.

Cochinillas	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas amarillas en las hojas. • Manchas en negras los tallos. • Se vuelve pegajosa la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rascar las cochinillas de la planta. • Pulverizar con agua jabonosa.
Gorgojo de la vid	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas mordisqueadas. • Raíces y tubérculos comidos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Buscando los escarabajos por la noche. • Cambiando el sustrato. • Empleado larvas de nematodos.
Orugas	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas con bordes comidos y agujeros irregulares. • Excrementos de color marrón. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sacudir la planta por las mañanas. • Cortar las hojas comidas para evitar las infecciones por hongos.

Tabla 2.11.
Enfermedades causadas por hongos [7].

ENFERMEDAD	CARACTERÍSTICAS	FORMA DE ATACAR
Mal blanco	<ul style="list-style-type: none"> • Manchas blanquecinas de carácter polvoso. • Deformación de las partes afectadas. • Sequedad de las partes dañadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicando azufre permeable en la planta.
Moho gris o Botrytis	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas, tallos y capullos de la planta una coloración grisácea, polvorosa y enmohecida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cortar todas las partes afectadas. • Mantener una ventilación adecuada a la planta.
Roya	<ul style="list-style-type: none"> • Pústulas de color amarillo oscuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicando pesticidas base de zinc.
Manchas y deformaciones foliares	<ul style="list-style-type: none"> • Deformando la hojas. • Desección de hojas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede tratar con productos a base de cobre y azufre. • Extirpando las partes afectadas para evitar el esparcimiento de la enfermedad.

2.5.1. Otras enfermedades

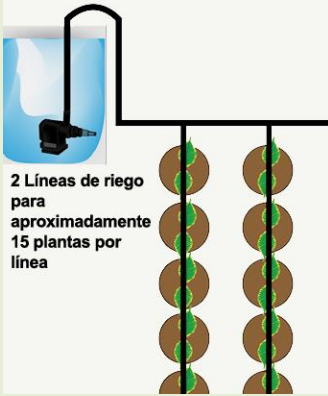

Existen más factores que influyen en el estado de salud de las plantas, tales como la exposición a temperaturas elevadas la cual provoca amarillos, defoliaciones y

caídas de los capullos, mala iluminación la cual da un aspecto pálido a las hojas de las plantas, el suministro de humedad también las puede enfermar ya que si es excesivo provoca el amarilleo y caída de las hojas, sequedad, detención del crecimiento y muerte, así como también la falta de nutrientes la cual afecta el desarrollo de la planta [7].

2.6. SISTEMAS DE RIEGO CONVENCIONALES

Hoy en día gracias a los avances de la tecnología podemos optimizar muchos procesos se realizó una investigación, con el fin de conocer que sistemas de riego autónomo existentes, tal como se muestra en la tabla 2.12.

Tabla 2.12.
Sistemas de riego autónomo existentes [17, 18, 19].

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS ESPECIFICAS	SISTEMA FÍSICO
<p>Equipo automatizado de riego para (30 a 300) plantas</p>	<p>Este sistema se conforma de los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cinta de riego para hidroponía. • Un Timer digital de 8 tiempos. • Una bomba de agua sumergible. • Tubo PE. • Un codo para tubo PE. • Dos coplees mixtos. 	 <p>2 Líneas de riego para aproximadamente 15 plantas por línea</p>
<p>Sistema de riego y control de clima.</p>	<p>El sistema se compone de los siguientes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controlador exclusivo de riego para el sistema de dosificación de fertilizantes. • Independiente y cuenta con un panel operativo de pantalla táctil. • Controla hasta 8 válvulas • Riega por volumen, tiempo y acumulación de luz. 	

<p>Sistema de control de riego y clima</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñado específicamente para invernaderos, control de hasta 4 módulos. • Sistema integrado y de manejo sencillo. • Obtiene los datos del clima exterior y de los sensores de temperatura y humedad relativa dentro del invernadero, para mantenerlos dentro de los parámetros establecidos. 	
<p>Automatización del riego en jardines, campos industriales, y parques y jardines industriales</p>	<p>Diseño de sistemas de riego de acuerdo a dimensiones, por medio de dispositivos emisores tales como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rotores. • Difusores. • Micro aspersores. • Goteros o mangueras con gotero. 	

Los sistemas de riego convencionales de uso comercial actualmente son utilizados para jardines o exteriores e incluso algunos de estos no cuentan con un sistema de retroalimentación y funcionan por medio de tiempos programados lo cual no asegura que el riego será realizado cuando el nivel de humedad ha disminuido realmente, por lo cual no es muy común encontrarlos para su uso en interiores, dado que a las plantas ornamentales se les suministra agua de acuerdo al riego tradicional esto dificulta la viabilidad de contar con plantas en interiores dado que las tareas necesarias para el sustento de las plantas ornamentales requieren de cierto tiempo para ser empleadas.

Por esa razón la implementación de sistemas que se encarguen del suministro autónomo de agua a las plantas representa una ventaja en cuanto a la disminución de tiempo empleado y mejora de la calidad del sustento a las plantas las cuales no solo cumplen con la función de mejorar el aspecto de las áreas donde se les ubica sino que también cumplen con la función de purificar el aire y mejorar la humedad del ambiente.

2.7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] INEGI “Encuesta Intercensal (2015), Panorama sociodemográfico de México 2015 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía”, México: INEGI, c2015.
- [2] INEGI "INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Indicadores estratégicos. Segundo trimestre de 2016.", México: INEGI, b2016.
- [3] INEGI "INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Indicadores estratégicos de ocupación y empleo Entidad Federativa: México. Segundo trimestre de 2016", México: INEGI, b2016.
- [4] INEGI "INEGI. Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Indicadores estratégicos de ocupación y empleo por Entidad Federativa. Segundo trimestre de 2016", México: INEGI, b2016.
- [5] INEGI “Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Unidades de producción con invernadero, superficie ocupada por el invernadero e invernaderos que reportan venta por entidad y municipio”, Aguascalientes: INEGI. 2009.
- [6] INEGI “Censo Agropecuario 2007, VIII Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Unidades de producción con vivero, superficie ocupada por el vivero y viveros que reportan venta por entidad y municipio”, Aguascalientes: INEGI. 2009.
- [7] M. Della, “El gran libro de las plantas de interior” Geo planeta, Barcelona España, 1999.
- [8] E. Boix, “Operaciones básicas en viveros y centros de jardinería”, Ediciones Paraninfo, España, ISBN 13: 978-84-283-3283-5, 2012.
- [9] C. Torrecilla, M. Pérez, L. Arranz, R. Gómez y P. López, “Manual práctico de la jardinería”, Diario El País, S.A., Madrid, 1998.
- [10] D. Herber, “En el mundo de las plantas de interior”, Traducción: Carlos Wernike, Editorial Kapelusz, Argentina, 1978.
- [11] C. Ballesta, “Manual de jardinería”, Ediciones Ceac S.A., España, ISBN 13: 978-84-329-1599-8, 2006.
- [12] F. Gonzales, L. Medina, “Ecología”, Editorial McGraw-Hill, México, ISBN 970-10-0379-9, 1998.
- [13] F. Alonso, “Manual de Plantas de interior cuidados y cultivo”, Editorial Libsa. Madrid, ISBN 84-662-0717-1, 2003.
- [14] G. Samperio, “Hidroponía Básica el cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra”, Editorial Diana, México, ISBN 968-13-2999-6, 1998.
- [15] M. Sarmiento, “Jardinería Mexicana”, Editorial México Desconocido, S.A. de C.V., México, ISBN 970-18-7481-2, 2001.
- [16] I. Jachertz, F. Strauss, “Flores de Balcón y Terraza”, Editorial HISPANO EUROPEA, España, ISBN 978-84-2551-7808, 2008.
- [17] Hydro Environment, “Equipo automatizado de riego y su instalación”, guía de usuario.
- [18] Metaliser, “Tecnologías rentables y de calidad”, Catálogo de productos.
- [19] Acrocarpus, “Sistemas de riego catálogo de productos”, Catálogo de productos.

CAPÍTULO 3

DISEÑO AUTÓNOMO DE MONITOREO Y RIEGO

3.1. INTRODUCCIÓN

La importancia de los sistemas autónomos, es debido a la practicidad que ofrecen a sus usuarios ya que ayudan a reducir errores y tiempo invertido en un sistema convencional, esto a la larga implica un aumento en la efectividad de algún proceso así como un incremento en la producción.

El objetivo que se persigue con el desarrollo de este proyecto es monitorear las plantas ornamentales con la finalidad de satisfacer sus requerimientos de agua para así mantener óptima la humedad del suelo de la planta, no solo se persigue ese objetivo se pretende que el desarrollo del proyecto pueda abarcar un sistema más robusto en el cual sea posible incluir las características necesarias para el cuidado de diferentes tipos de plantas adaptándose a los requerimientos individuales de cada una también tomando en cuenta el tipo de suelo donde estas estén plantadas.

Con esto será posible pasar del monitoreo de plantas ornamentales en el interior de los hogares, a el monitoreo de plantas ornamentales para su producción en invernaderos tomando en cuenta la oportunidad y demanda laboral que el sector de producción primario representa dentro del estado de México.

En el presente capítulo se describe el desarrollo del sistema autónomo de

monitoreo y riego en plantas de ornato, las características de los componentes electrónicos, sensores, tarjetas de interfaz. Finalmente se presenta el prototipo armado y listo para su implementación.

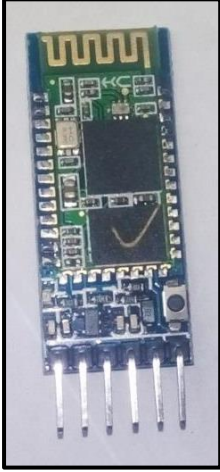
3.2. ELEMENTOS Y CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA AUTÓNOMO

Los elementos que integran el sistema de monitoreo y riego autónomo son accesorios comerciales de fácil adquisición, dichos elementos se enlistan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1.

Características de los elementos que conforman el sistema autónomo de monitoreo y riego [1].

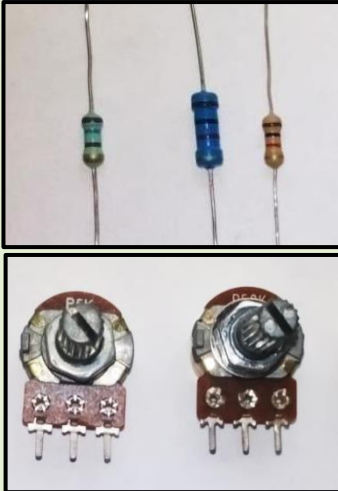
ELEMENTO	CARACTERÍSTICA	FUNCIÓN	IMAGEN
Tarjeta arduino 1 R3	<ul style="list-style-type: none"> • Consume un voltaje de 5 a 12V • Consume corriente de 250mA hasta 1A. • Entradas y salidas digitales 14 pines. • Entradas analógicas 6 pines. • Salidas analógicas (PWM) 6 pines. • Pin (Rx) y Pin (Tx). 	Conectar y controlar eléctricamente diferentes componentes electrónicos tales como sensores y actuadores.	

<p>Modulo bluetooth HC-05</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consume voltaje de 3.3V a 5V. • Consume corriente de 50mA. • Funciona a una frecuencia de 2.4Ghz. • Transmite a una distancia máxima de alrededor de 10m. 	<p>Añade conectividad a la placa arduino, el módulo HC-05 tiene la propiedad de actuar como maestro y esclavo, siendo capaz de recibir datos y enviar datos o señales a ejecutar por otro circuito conectado a este.</p>	
--------------------------------------	--	--	---

3.2.1. Componentes electrónicos

Los componentes electrónicos utilizados en el diseño del sistema autónomo de monitoreo y riego son, resistencias, capacitores, transistores, diodos, leds, reguladores de tensión, baterías y celdas solares descritos en la tabla 3.2.

Tabla 3.2.
Componentes electrónicos [2, 3, 4, 5, 6, 7].

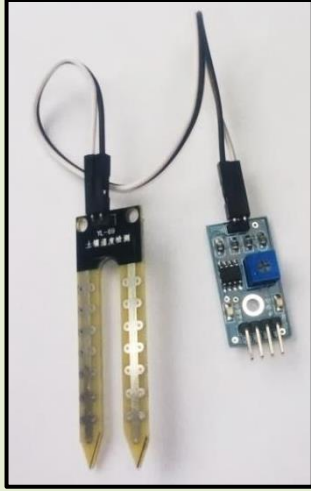
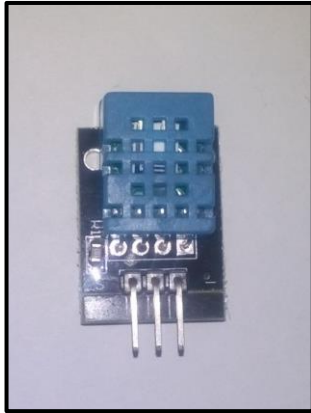
COMPONENTES	TIPOS	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Resistencias	<ul style="list-style-type: none"> • Fijas • Variables 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencias fijas poseen un valor constante y se componen por un encapsulado aislado con un núcleo de carbón mezclado con un relleno aislante. • Resistencias variables, su valor es variable se usan para ajustar la cantidad de potencial (voltaje) o la cantidad de corriente dentro de un circuito. 	
Capacitores	<ul style="list-style-type: none"> • Fijos • Variables 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitores fijos con un valor de capacitancia fijo. • Capacitores variables su valor es variable y se utiliza para modificar su capacitancia 	
Transistor	<ul style="list-style-type: none"> • Npn. • Pnp. 	<p>Sus terminales son conocidas como emisor(E), base(B) y colector(C)</p>	

<p>Diodo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diodo real. • Diodo rectificador. • Diodo zéner. 	<p>Permite el paso de la corriente en una sola dirección (positiva o negativa), siendo de gran ayuda para la protección de algunos elementos en un circuito eléctrico.</p>	
<p>Circuitos reguladores de tensión</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fijos regulan de entre 5V a 24V. • Variables regulan de 1.2V a 37V. 	<p>Regulan valores positivos o negativos pertenecen a las series 78XX (05 a 24V) y 79XX (05 a 24V) y otros son variables estos permiten establecer el voltaje de salida a un valor regulado deseado.</p>	
<p>Baterías</p>	<p>Las más comunes son: AAA, AA, C, D y 9 V</p>	<p>Suministrar de energía (voltaje y corriente) a circuitos y componentes eléctricos, las hay desechables y recargables.</p>	
<p>Celdas solares</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Celda fotovoltaica de selenio. • Celda fotovoltaica de silicio. 	<p>Por medio del efecto fotovoltaico la energía luminosa se convierte en energía eléctrica</p>	

3.2.2. Sensores de humedad y temperatura, características

Los sensores utilizados para el sistema autónomo de monitoreo y riego se describen en la tabla 3.3.

Tabla 3.3.
Sensores utilizados [8, 9, 10].

SENSOR	CARACTERÍSTICAS	TIPO DE SEÑAL O DATOS	IMAGEN
<p>Sensor de humedad de suelo</p>	<p>Funciona con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de entrada: 3.3 a 5V. • Voltaje de salida: 0 a 4.2 V. • Corriente: 35 mA. 	<p>La señal se obtiene mapeando proporcionalmente la entrada analógica obtenida la cual oscila en un valor de entre 0 y 5 V, dando un valor entero entre 0 y 1023. Esto implica que la resolución de lectura es de 5V/1024, es decir, de 0,049V.</p>	
<p>Sensor de humedad relativa y temperatura DHT11</p>	<p>Se encarga de medir la humedad relativa en el aire así como la temperatura del ambiente. Funciona con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Voltaje de entre 3 a 5.5 V. • Corriente de entre 0.5 a 2.5mA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es capaz de medir la humedad relativa en un rango del 20 al 90% con una precisión de $\pm 5\%$ RH. • Mide temperaturas dentro de un rango de 0 a 50°C con una precisión de $\pm 2^\circ\text{C}$. 	

3.3. DISEÑO ELECTRÓNICO

Los diagramas eléctricos del sistema autónomo de monitoreo y riego se construyeron con ayuda de un software libre de código abierto llamado Fritzing, los circuitos de conexión de cada componente del sistema que son: regulador de tensión (voltaje), sensor de humedad de suelo, sensor de humedad relativa y temperatura, modulo bluetooth HC-05 y el control pwm de la bomba de agua.

3.3.1. Regulador de voltaje

El circuito de regulación de voltaje que se muestra en la figura 3.1, se encarga de regular de 9V a 5.5V para alimentar la placa arduino con el voltaje de funcionamiento adecuado y los demás componentes.

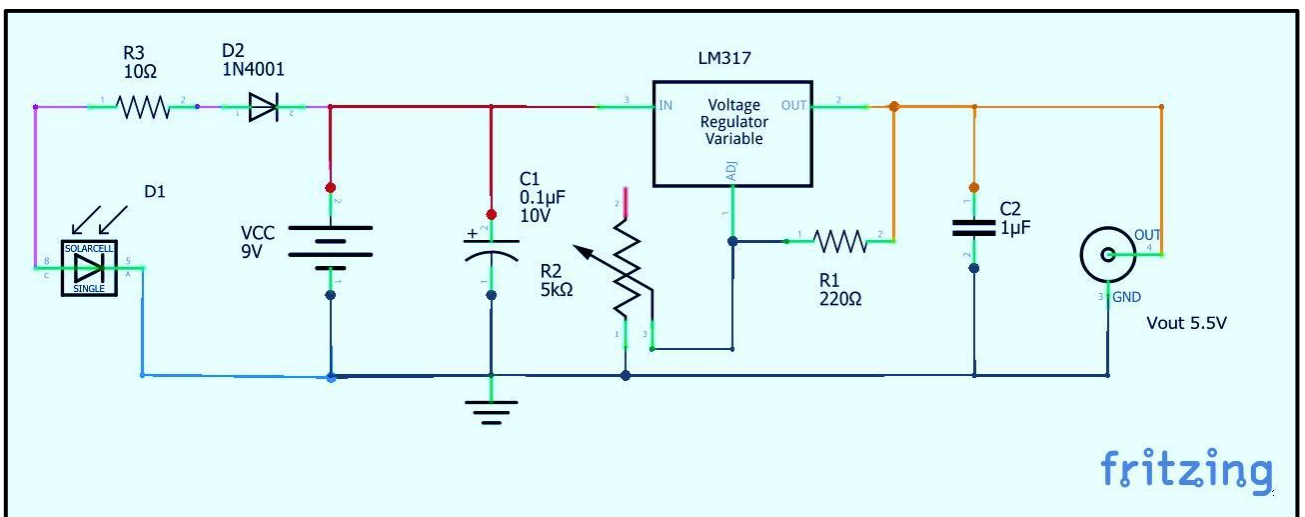


Figura 3.1. Regulador de voltaje.

3.3.2. Sensor de humedad de suelo

El circuito de conexión del sensor de humedad de suelo se muestra en la figura 3.2.

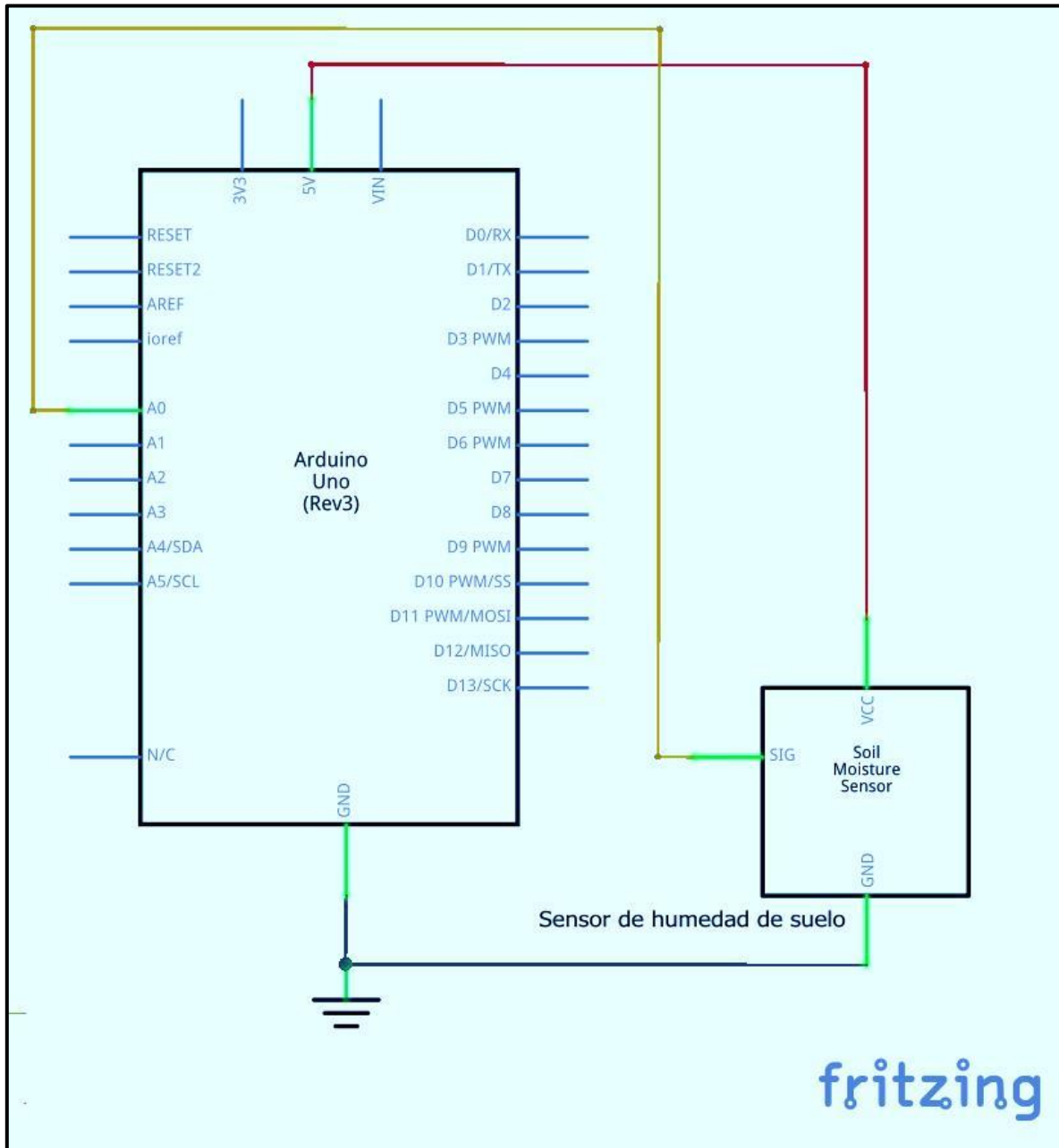


Figura 3.2. Circuito de conexión del sensor de humedad de suelo.

3.3.3. Sensor de humedad relativa y temperatura

En la figura 3.3, se muestra el circuito de conexión del sensor DHT11.

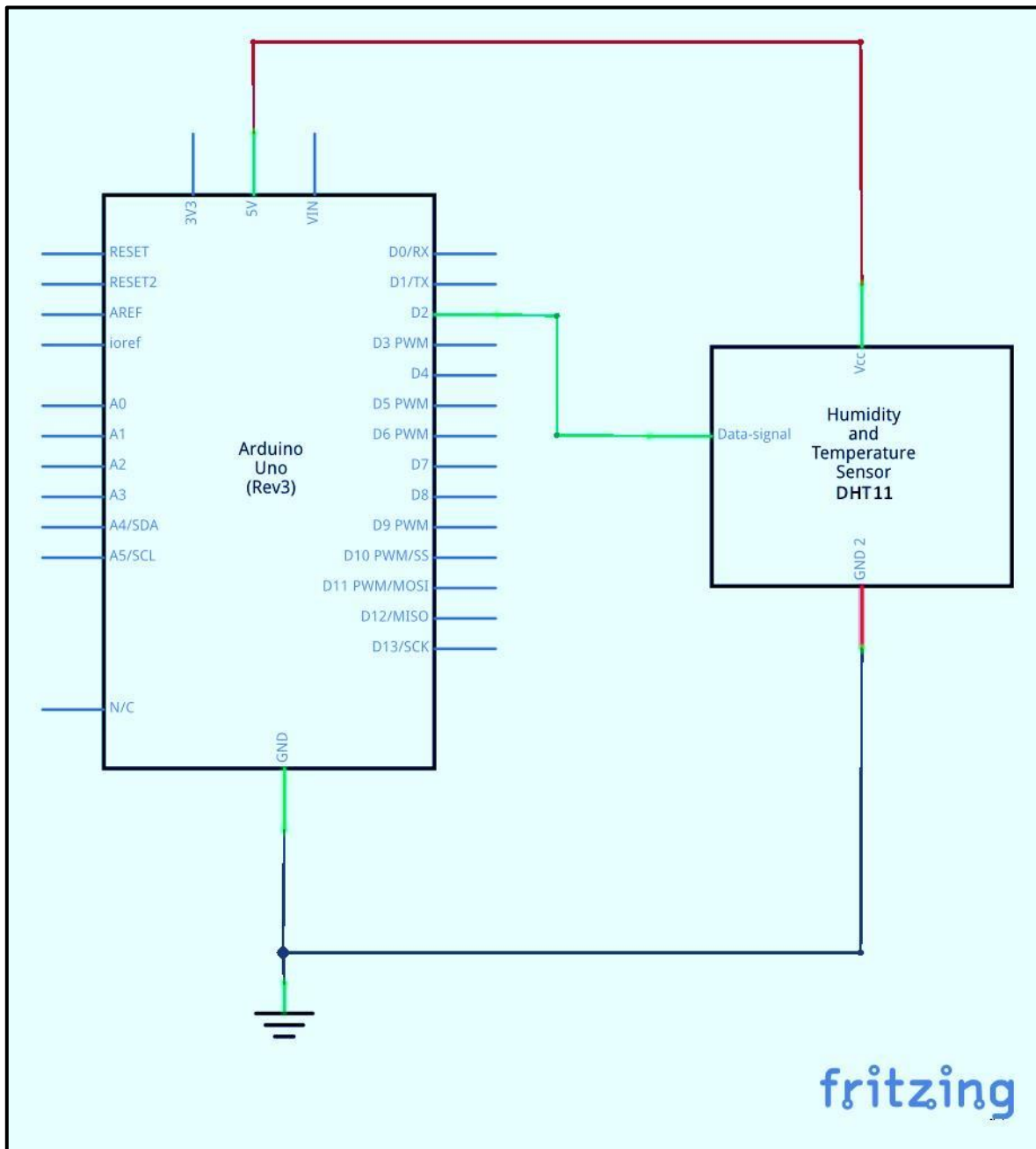


Figura 3.3. Circuito de conexión del sensor DHT11.

3.3.4. Módulo bluetooth HC-05

El circuito de conexión de módulo bluetooth HC-05 se muestra en la figura 3.4.

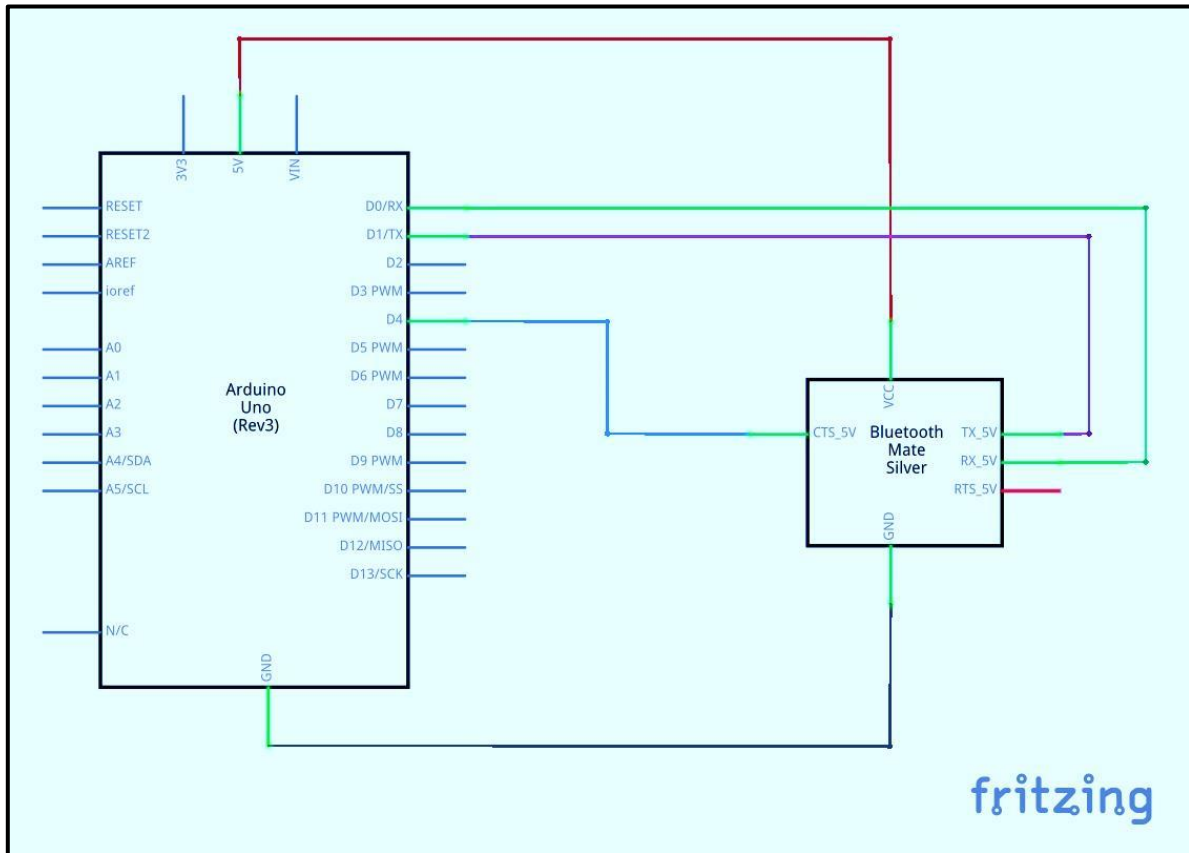


Figura 3.4. Circuito de conexión del módulo bluetooth HC-05.

3.3.5. Control de la bomba de agua por medio de PWM.

La bomba de riego será controlada por medio de una salida pwm de la placa arduino con el fin de controlar la velocidad a la que esta trabaja, en la figura 3.5 se muestra el circuito de conexión de este control.

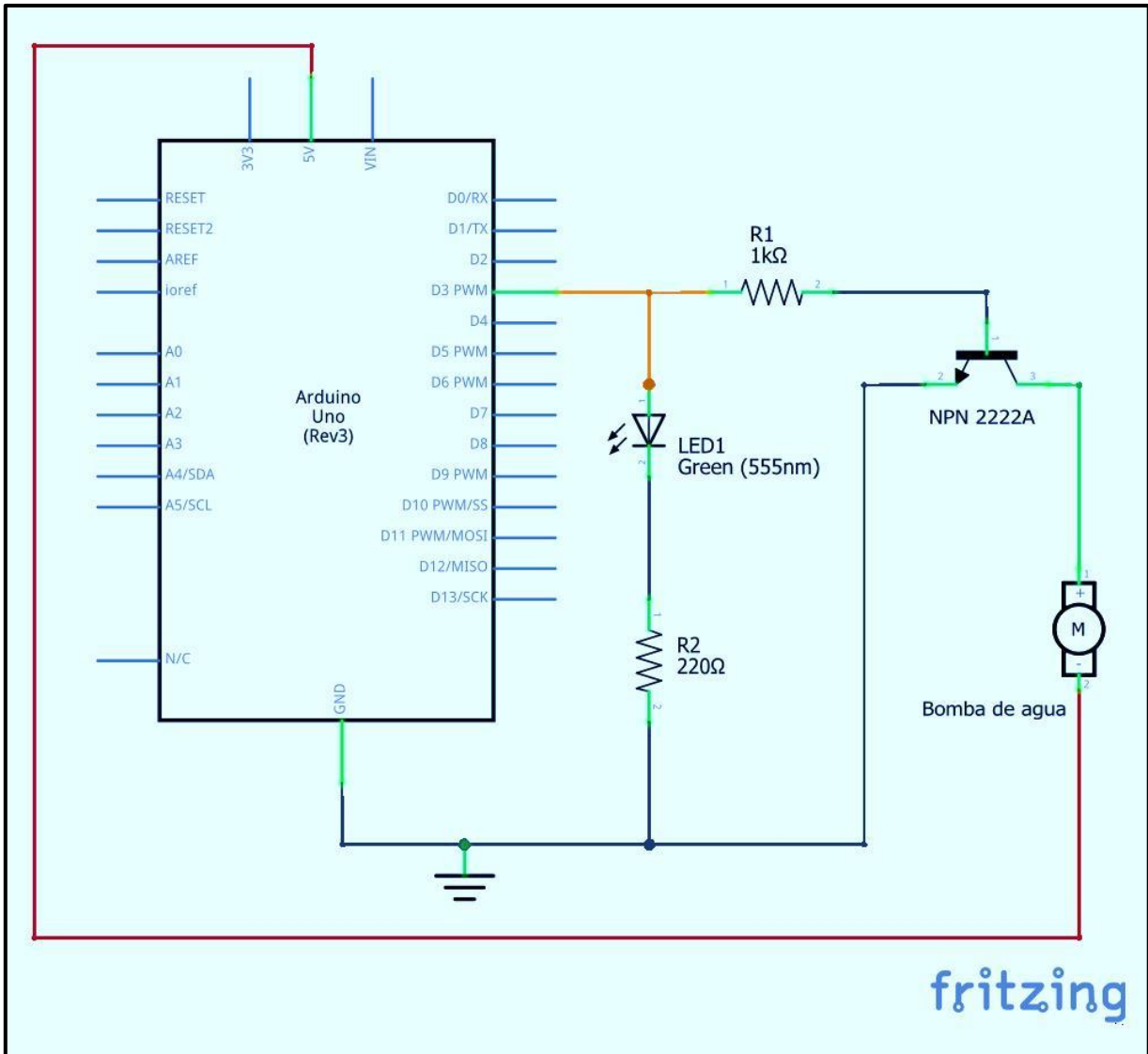


Figura 3.5. Circuito de conexión del control pwm.

3.4. CIRCUITO ELÉCTRICO DEL SISTEMA EN GENERAL

En la figura 3.6 se presenta el circuito electrónico del sistema completo, el cual integra la conexión de la placa arduino, el módulo bluetooth, los sensores y los demás componentes del sistema de monitoreo y riego autónomo.

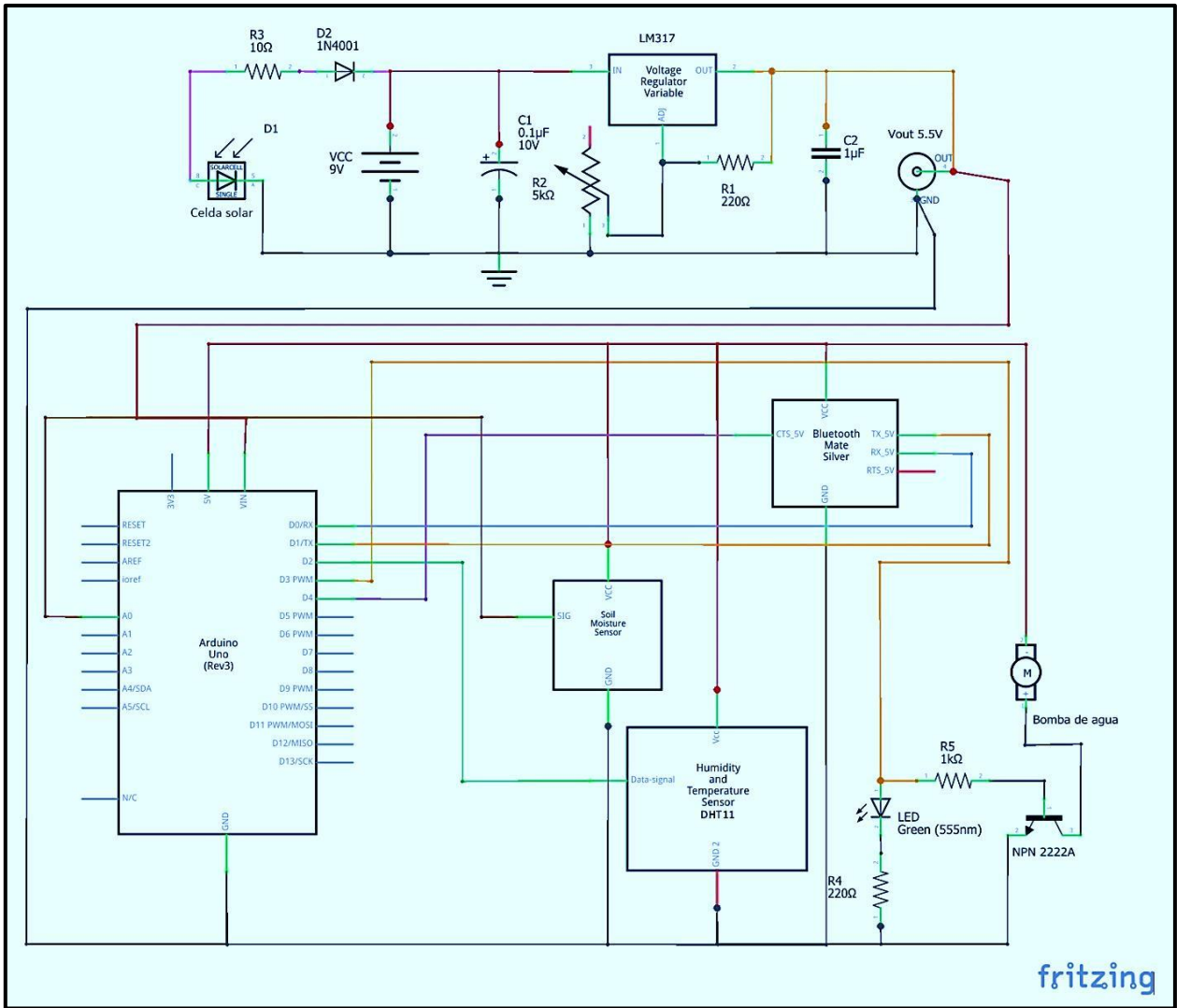


Figura 3.6. Circuito de conexión del sistema.

3.5. PROGRAMA

En las figuras 3.7, 3.8, 3.9 y 3.10, se muestran las descripciones de cada parte del código elaborado en lenguaje C/C++ para el programa utilizado en el sistema autónomo de monitoreo y riego, el cual fue desarrollado en el IDE del software arduino.

```
Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego Arduino 1.6.6
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego

/*
#sensor prototipo 1
# Versión : 1.0
# descripción de los valores del sensor de humedad
# 0 ~300 Suelo seco
# 300~700 suelo húmedo
# 700~950 Inundado
*/
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
//librerías del DHT11
int Valor; //almacena el valor analógico leído por el sensor de suelo;
int vel0=0, vel1=220, vel2=250, vel3=280, vel4=300; //Almacena velocidades de la bomba;
int led = 3; //Pin 3 con control PWM bomba

void setup(){
  Serial.begin(9600); //Se inicia la comunicación serial
  dht.begin(); //Se inicia el sensor
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
}
}
```

Figura 3.7. Inicio del programa, declaración de librerías e inicio de la comunicación serial.

```
Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego Arduino 1.6.6
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego

void loop(){
// sensor de humedad de suelo;
  Serial.print("Humedad en el suelo: ");
  Valor = (-analogRead(0)+1023);
  Serial.print(Valor); //Serial.print(Valor);

  if (Valor <= 250)
  {
    Serial.println(" Seco ");
  }
  if (Valor <= 300)
  {
    Serial.println(" Seco, necesitas regar");
  }
  if ((Valor > 300) and (Valor <= 700))
  {
    Serial.println(" Húmedo, no regar");
  }
  if (Valor > 700)
  {
    Serial.println(" Encharcado");
  }
}
}
```

Figura 3.8. Programa de medición del sensor de humedad de suelo.

```
Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego Arduino 1.6.6
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego

// sensor de humedad DHT11
float h = dht.readHumidity(); //se lee la humedad
float t= dht.readTemperature(); // se lee la temperatura
Serial.println("Humedad: ");
Serial.println(h);
Serial.println("Temperatura:");
Serial.println(t);// se imprime las variables de temperatura y humedad

//Activacion de la bomba
if (Valor <= 250)
{
Serial.println("Regando . . .");
//encendido de la bomba para regar
analogWrite(led, vel0); delay(5000); //energiza motor con vel 0
analogWrite(led, vel1); delay(5000); //energiza motor con vel 1
analogWrite(led, vel2); delay(5000); //energiza motor con vel 2
analogWrite(led, vel3); delay(5000); //energiza motor con vel 3
analogWrite(led, vel4); delay(5000); //energiza motor con vel 4
analogWrite(led, vel3); delay(5000); //energiza motor con vel 3
analogWrite(led, vel2); delay(5000); //energiza motor con vel 2
analogWrite(led, vel1); delay(5000); //energiza motor con vel 1
analogWrite(led, vel0); delay(5000); //energiza motor con vel 0
//fin del encendido
}
```

Figura 3.9. Mediciones del sensor de temperatura y humedad relativa y activación de la bomba.

```
Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego Arduino 1.6.6
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Sistema_autonomo_de_monitoreo_y_riego

}
digitalWrite(13,LOW);
delay(60000);
digitalWrite(13,HIGH);
delay(1000);
} //void loop fin
```

Figura 3.10. Declaración del tiempo de espera entre mediciones.

3.5.1. Algoritmo

El sistema de interfaz planta tarjeta, se realizó mediante un algoritmo estructurado con la siguiente secuencia:

Inicio

- Se inician las mediciones con el sensor de humedad de suelo.
- Se clasifica la medición tomada por el sensor, de 0 a 300 suelo seco, de 300 a 700 suelo húmedo, de 700 a 950 suelo encharcado.
- Se toma lectura de la humedad relativa y temperatura con el sensor DHT11.
- Si el valor de la humedad de suelo es mayor a 250, se continua monitoreando la humedad del suelo en caso contrario se activa la bomba de riego.
- Si se activa la bomba de riego al ser desactivada después de un minuto de riego se continua el monitoreo.
- Se envía al smartphone los valores de la humedad de suelo y relativa así como de la temperatura, y en caso de activación de la bomba también se envía el dato.

Fin.

El diagrama de flujo con el proceso anterior se muestra en la figura 3.11

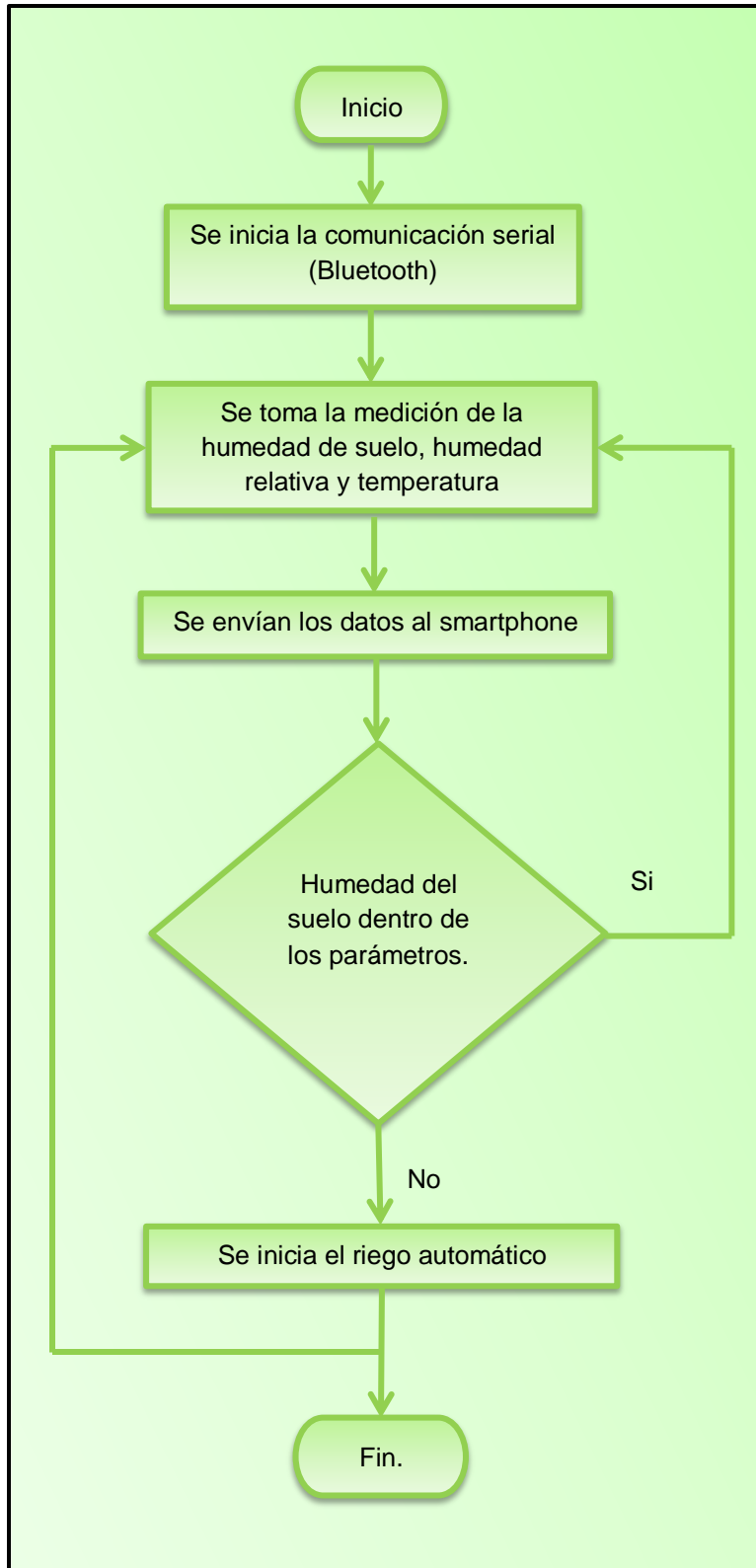


Figura 3.11. Diagrama de flujo del sistema.

3.6. SISTEMA EN FUNCIONAMIENTO

Una vez desarrolladas las conexiones de los circuitos eléctricos que se muestran en la figura 3.12 sensores, interfaz bluetooth-smartphone y demás componentes del sistema de monitoreo y riego el armado del prototipo quedo tal como se muestra en las figuras 3.13 y 3.14 donde podemos observar los sensores, la celda solar, la bomba de agua y los demás componentes del sistema.



Figura 3.12. Circuitos de regulador de voltaje y control pwm.



Figura 3.13. Sistema de autónomo de monitoreo y riego.

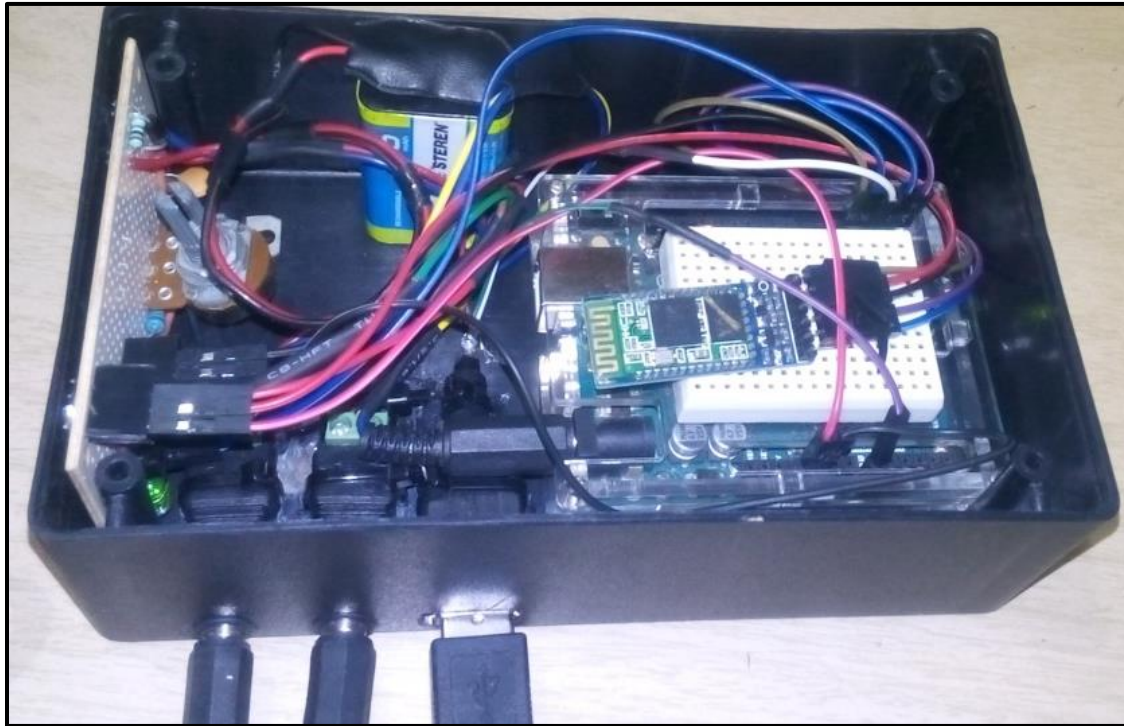


Figura 3.14. Conexión interna de los componentes del sistema.

Tras el desarrollo de este capítulo se obtuvo el diseño y construcción del sistema de monitoreo y riego autónomo, listo para la realización de pruebas de monitoreo de la humedad del suelo de las plantas, tal como se describe en el siguiente capítulo.

3.7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. Torrente, “**Arduino curso práctico de formación**”, Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V., México, ISBN: 978-607-707-648-3, 2013.
- [2] A. Robbins, W. Miller, “**Análisis de circuitos eléctricos teoría y prácticas**”, cuarta edición, Cengage learning, México, ISBN-13: 978-607-481-367-8, 2008.
- [3] A. Charles, S. Matthew, “**Fundamentos de circuitos eléctricos**”, tercera edición, Mc-Graw Hill, México, ISBN 0-07-326800-3, 2006.
- [4] R. Boylestad, L. Nashelsky, “**Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos**”, décima edición, Pearson Prentice Hall, México, ISBN: 978-607-442-292-4, 2009.
- [5] A. Hambley, “**Electrónica**”, segunda edición, Pearson Prentice Hall, México, ISBN: 978-842-052-9998, 2001
- [6] T. Floyd, “**Principios de circuitos eléctricos**”, octava edición. Pearson education, México, ISBN 978-970-26-0967-4, 2007.
- [7] J. Figueroa, N. Flores, “**Física moderna**”, Pearson education, México, ISBN 987-970-26-0789-2, 2007.
- [8] L. Corona, G. Abarca, J. Mares, “**Sensores y actuadores aplicaciones con arduino**”, Grupo editorial Patria, S.A. de C.V., México, ISBN: 978-607-438-936-4, 2014.
- [9] G. Warren, “**Experimenting with Raspberry Pi**”, Apress, New York, ISBN 978-148-42-0769-7, 2014.
- [10] P. Marchetta, A. Coppola, “**Corso pratico di arduino**”, Area 51 publishing, Bolonia, ISBN 978-889-33-1037-6, 2016.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen las pruebas realizadas al sistema de monitoreo y riego con el fin de valorar su funcionalidad en cuanto al suministro de agua en plantas de ornato, también se muestran los resultados obtenidos de una serie de mediciones de datos tomados el sistema en funcionamiento.

Con la realización de estas pruebas se busca observar el comportamiento de la humedad en el suelo con respecto al tiempo evaluar los factores ambientales que influyen en el nivel de humedad por medio de un estudio comparativo entre un sistema de riego convencional y la implementación del sistema autónomo de monitoreo y riego.

Con base a los datos obtenidos de las pruebas realizadas se validará la funcionalidad del sistema poder ajustarlo para mejorar su funcionamiento, se encontraran los puntos de mejora y también los futuros puntos de desarrollo.

Estas pruebas se realizarán tomando en cuenta dos casos diferentes de riego así como condiciones ambientales similares para ambos especímenes de prueba, se realizará un monitoreo y procesamiento de los datos de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura con el fin de observar el comportamiento de éstos y cómo influyen uno en el otro.

4.2. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS

Para la realización de las pruebas se utilizaron dos plantas conocidas como violeta africana las cuales se monitorearon bajo los siguientes casos:

Caso 1:

- a) **Riego convencional:** El riego de la planta 1 mostrada en la figura 4.2 es realizado de forma convencional, con periodicidad de una vez cada 8 días, la selección de riego es basada en una encuesta realizada a 30 personas para saber cada cuanto tiempo proveen de agua a sus plantas de ornato dicha encuesta se anexa en el **apéndice A**.



Figura 4.1. Planta 1 riego convencional.

Caso 2:

- b) **Riego autónomo:** Para la planta 2 se consideró mantener la humedad del suelo en un nivel mayor a un 30% de humedad, la cual se muestra en la figura 4.1.

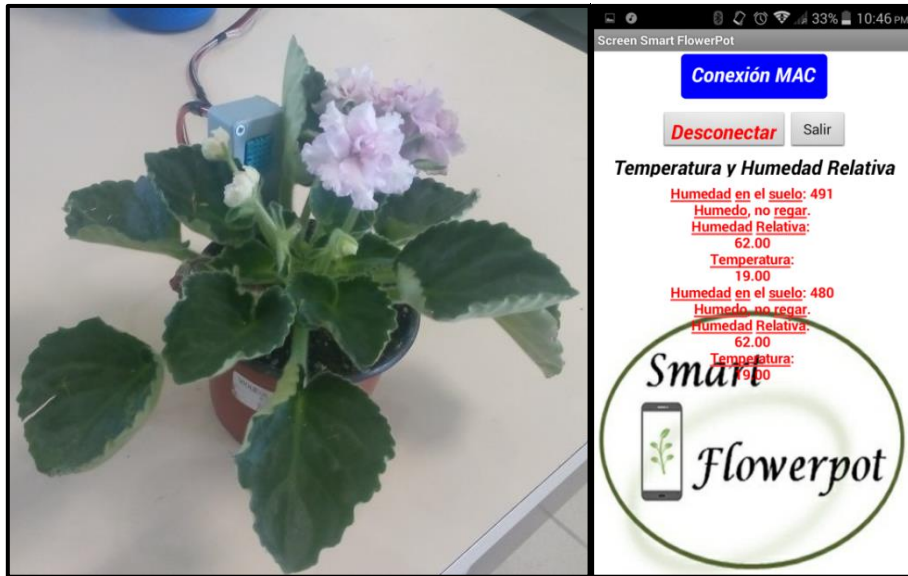


Figura 4.2. Planta 2 riego autónomo.

En el caso de la planta 2, a la cual se le implemento el sistema de monitoreo y riego autónomo, el cambio de la humedad del suelo es monitoreada a través de una aplicación para smartphone.

La aplicación de monitoreo del sistema utilizada en el smartphone se desarrolló mediante la interfaz de App inventor, dentro de la aplicación podemos observar el estado de la humedad en el suelo de la planta, la temperatura y el nivel de humedad en el ambiente, tal como se muestra en la figura 4.3.



Figura 4.3. Pantalla de la aplicación de monitoreo.

Mientras que en la figura 4.5 se puede observar las plantas después de un tiempo de la toma de las muestras de comparación de riego.



Figura 4.5. Plantas después de un tiempo.

4.3. MUESTRAS

Tras la implementación del sistema de monitoreo y riego autónomo, en dos plantas de la misma especie las cuales fueron expuestas a diversos cambios de humedad y temperatura dentro del entorno de una vivienda estándar, se obtuvo el promedio por día de las mediciones del porcentaje de humedad de suelo, porcentaje humedad relativa y temperatura, tomadas durante 23 días tal como se muestra en la tabla 4.1 tomando en cuenta que una planta fue regada de acuerdo al riego tradicional una vez a la semana y en otra se implementó sistema de monitoreo y riego autónomo manteniendo la humedad a un nivel mínimo establecido.

Tabla 4.1.
Mediciones de comparación en dos plantas.

DÍA	PLANTA 1 RIEGO CONVENCIONAL			PLANTA 2 RIEGO AUTÓNOMO		
	Humedad %		Temperatura	Humedad %		Temperatura
	Suelo	Relativa		Suelo	Relativa	
1	49.35	47.57	15.42	49.37	45.57	15.6
2	48.5	40.55	16.55	47.55	44.73	15.93
3	41.25	40	17	42.21	41.32	16.07
4	36.9	51.68	15.85	36.81	44.78	15.68
5	32.92	44.35	17	32.97	44.23	17
6	29.51	42.2	16.12	29.71	43.1	15.92
7	27.38	40.5	17.75	52.7	40.07	17.82
8	53.93	41.52	16.25	51.15	41.3	15.97
9	53.22	40.95	18	49.6	41.47	16.83
10	49.41	39.38	16.98	43.72	39.22	17.95
11	44.42	38.2	17.43	37.03	38.02	17.85
12	35.87	38.05	17.23	30.68	37.02	19.92
13	29.85	37.67	18.45	32.93	38	18
14	34.2	37.53	18.45	49.17	37	19.25
15	50.51	37	19.37	44.09	37.57	18.28
16	48.86	35.38	21	42.05	37	19.95
17	49.55	37.2	20	42.08	37.02	20.02
18	47.93	37	19.87	34.72	37.08	19.28
19	42.08	36.9	20.1	33.32	37	20
20	38.82	37.2	20.4	51.44	37.12	20
21	37.42	37.37	18.38	47.77	37.3	18.7
22	49.54	37.03	19.72	46.91	37	19.45
23	48.5	38.82	16.78	34.77	38	17.95

4.4. IMPLEMENTACIÓN

Con base a los datos obtenidos de ambas plantas durante un periodo de muestreo de 23 días, en la figura 4.6 se muestra la gráfica del comportamiento del porcentaje de humedad en el suelo, en la figura 4.7 los datos correspondientes al comportamiento del porcentaje de humedad relativa y en la figura 4.8 se muestra los datos de la temperatura en el ambiente donde se encontraban las plantas.

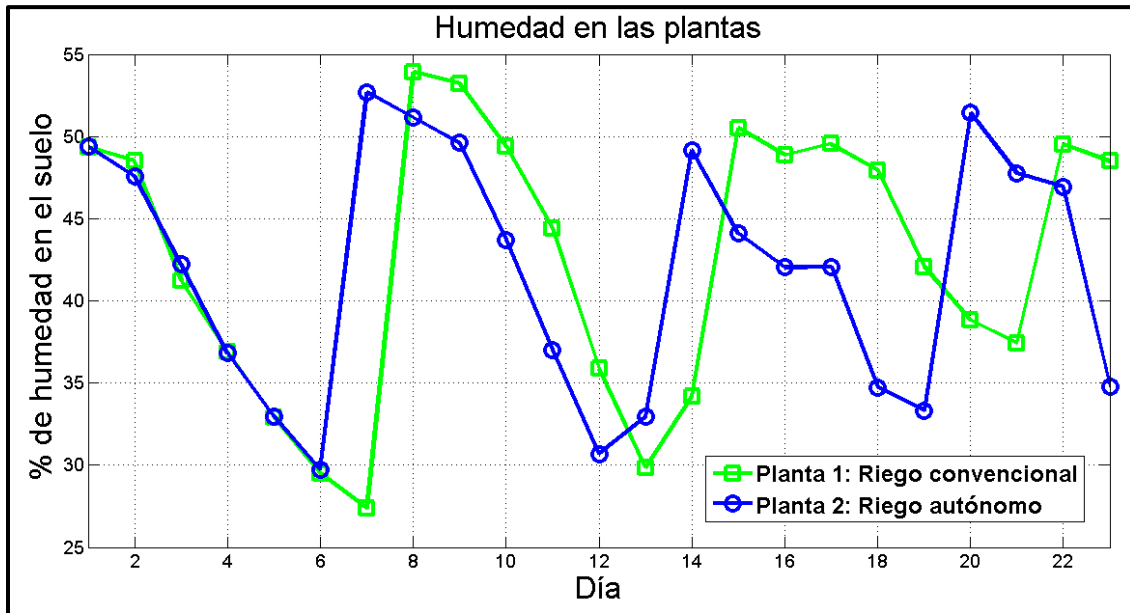


Figura 4.6. Gráfica de comparación de humedad del suelo.

En la gráfica anterior podemos ver el comportamiento de la humedad del suelo de las plantas con respecto al tiempo, en donde se puede observar que el suministro de agua en la planta donde se implementó el sistema fue solo cuando el sistema alcanzaba un nivel de humedad inferior a un 30%, en cuanto a la planta donde se siguió regando convencionalmente no importaba el nivel de humedad en el suelo cuando se regaba.

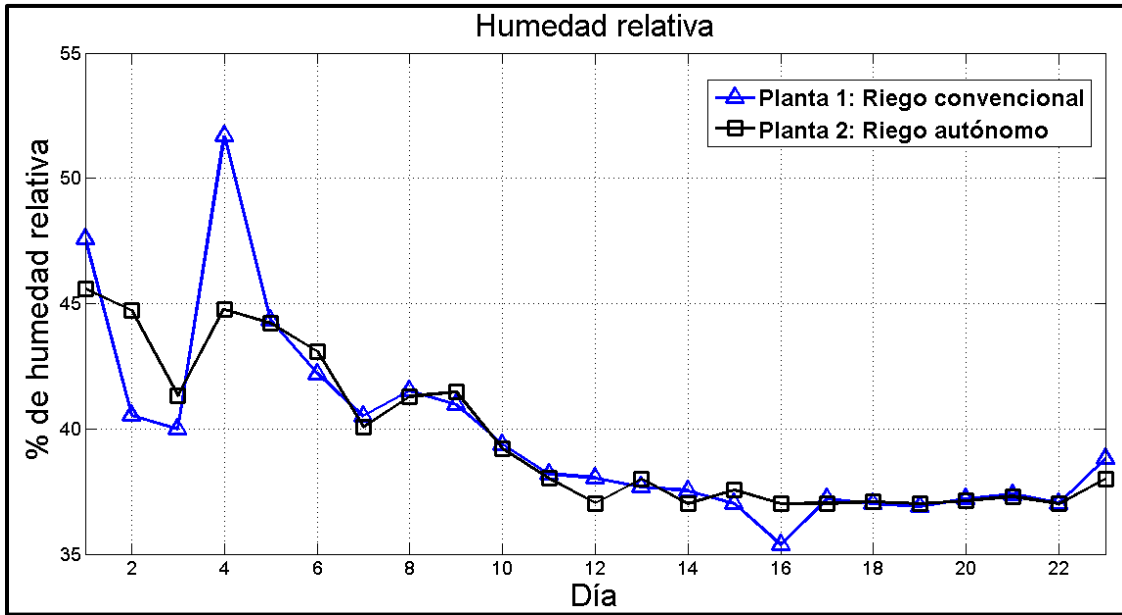


Figura 4.7. Gráfica de comparación de humedad relativa.

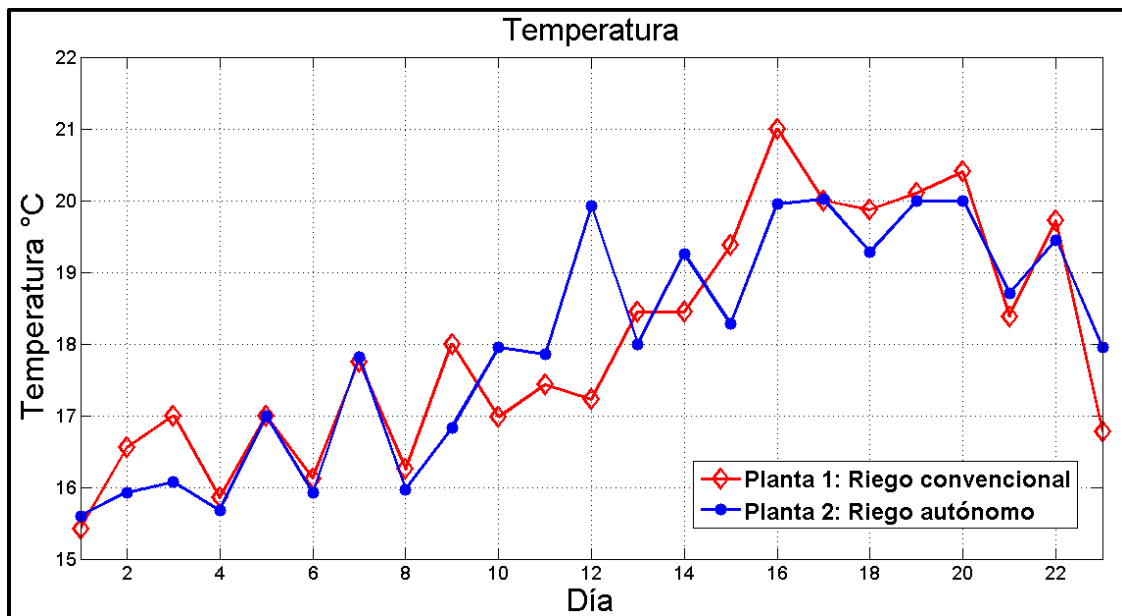


Figura 4.8. Gráfica de comparación de temperatura

De las gráficas de las figuras 4.7 y 4.8 podemos resaltar como el nivel de temperatura influye en cuanto al porcentaje de humedad relativa y el gasto de humedad en el suelo, ya que a mayor temperatura mayor será la evaporación del agua en el suelo provocando por ende un aumento en el porcentaje de la humedad relativa.

4.5. COSTOS

En la tabla 4.2 se muestran el costo de los componentes del sistema

Tabla 4.2.
Costos

COMPONENTE	NO DE PIEZAS	PRECIO UNITARIO
Placa Arduino 1	1	\$350
Modulo Bluetooth HC-05	1	\$80
Sensor de humedad de suelo	1	\$28
Sensor de humedad relativa y temperatura	1	\$22
Cable	3m	\$8
Gabinete para circuitos	1	\$35
Celda solar	1	\$190
Batería recargable	1	\$60
Resistencias	4	\$1
Potenciómetro	1	\$10
Regulador de voltaje	1	\$15
Transistor	1	\$3
LED	1	\$3
Capacitores	2	\$4
Diodos	1	\$2
Conectores Jack tipo macho	2	\$8
Conectores Jack tipo hembra	2	\$10
Conector USB macho	1	\$15
Conector USB hembra	1	\$10
Conector para batería de 9V	1	\$6
Motor para bomba de agua	1	\$30
Costo total		\$931

El costo presentado en la tabla 4.2 es el valor neto de la construcción del

prototipo del sistema autónomo de monitoreo y riego utilizado para el estudio de humedad en las plantas, con base a esto se establece un costo aproximado para el prototipo de alrededor de \$950 a \$1300 pesos dependiendo de número de sensores a utilizar el cual va de 1 a 6 sensores con una ganancia de \$200 pesos, pero este costo no es presentado como el final ya que este es solo el costo del prototipo del sistema desarrollado.

La aplicación del sistema varía de una a seis plantas ubicadas en una maceta de tamaño grande como propuesta de su aplicación, un ejemplo del área de aplicación del sistema se muestra en la figura 4.9.



Figura 4.9. Propuesta de aplicación del sistema.

4.6. CONCLUSIONES

Con el desarrollo y pruebas del sistema de monitoreo, se pudo observar que la humedad de una planta es variable con respecto a la temperatura del lugar donde se encuentre, dado que a mayor temperatura en el ambiente el agua en el suelo se evapora más rápido provocando un incremento de la humedad en el ambiente y por lo tanto la necesidad de riego en un periodo más corto de tiempo, mientras que al descender la temperatura el agua se evapora lentamente disminuyendo la humedad en el ambiente y por ende haciendo más largo el periodo de espera para riego.

Dado que en un sistema de riego tradicional no es tan fácil mantener la humedad del suelo de las plantas en un nivel medio ya que esta se ve influenciada por los niveles de temperatura siendo requerido el suministro de agua en periodos de tiempo variables ya sean cortos o largos, una de las ventajas de la implementación del sistema es que el riego es solo cuando es necesario evitando que el suelo se seque o que tenga agua de en exceso, ya que en el riego convencional al ser regada la planta el suelo en ocasiones no necesitaba humedad o ya se había secado antes.

De esta manera el sistema de monitoreo es capaz de mantener la humedad dentro de un nivel medio asegurando que el riego sea hecho solo cuando es necesario.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1. CONCLUSIONES

Para el ser humano decorar sus espacios con elementos naturales es casi una necesidad, por lo que es común encontrar plantas ornamentales dentro de espacios públicos, oficinas, casas, hospitales, etc., debido a que la naturaleza además de dar buen aspecto a las habitaciones también ayuda a purificar el aire, así como a mantener la humedad del aire en buenas condiciones, brindándonos un ambiente fresco y limpio.

El sustento de este proyecto se basa en las plantas de ornato en interiores por lo cual muestra una gran oportunidad para su desarrollo, en base a los resultados obtenidos tras la implementación del sistema y la toma de datos de humedad de suelo se desarrolló de un proyecto de investigación denominado Smart Flowerpot, el cual fue presentado a nivel estatal dentro de un concurso organizado por el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) en el marco de la Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015, llegando a ser considerado como un proyecto finalista (se anexan constancias).

5.2 TRABAJOS FUTUROS

Se estima que el área de aplicación futura no solo sería para su uso doméstico ya que de acuerdo al estudio realizado en esta tesis sabemos que el estado de México es el estado con mayor empleabilidad de personas en el sector primario, así como también es de los estados que tiene mayor cantidad de terreno destinado para su uso en viveros e invernaderos.

Podemos decir que nos encontramos con una gran oportunidad de desarrollo laboral y comercial para el proyecto en cuanto su implementación para la producción de plantas de ornato de manera comercial mejorando las condiciones ambientales de su entorno para un mejor desarrollo y aspecto de las plantas ornamentales, haciendo posible estandarizar parámetros de control tales como humedad de suelo, tipo de suelo, fertilizantes, suministro de agua, etc.

Con la finalidad de ampliar el área de aplicación del proyecto se propone realizar trabajos futuros en base a las áreas de mejora encontradas en el sistema:

- Desarrollar dentro del programa y la aplicación, los ajustes necesarios para que el sistema sea capaz de ajustarse a diferentes tipos de plantas y suelo, para satisfacer las necesidades de diferentes tipos y especies de plantas.
- Desarrollar la aplicación para smartphone, para controlar el sistema autónomo de monitoreo y riego respetando su autonomía y los parámetros definidos para su funcionalidad (riego, humedad, temperatura, etc.).
- Implementar en el sistema la capacidad de conocer las condiciones del suelo.
- Probar la aplicación del sistema dentro de invernaderos para producción de plantas de ornato.
- Hacer que el sistema sea capaz de suministrar mezcla de fertilizantes por medio del riego cuando sea indicado por el usuario.

APÉNDICES

APÉNDICE A

La encuesta realizada sobre la periodicidad del riego a sus plantas a 30 personas hombres y mujeres de entre 18 a 48 años de edad que no son profesionales en el cultivo de plantas ornamentales es la siguiente.



1.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>37</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>3, 5, 12</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____	
2.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>46</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>4, 6, 8</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: _____	Otra: <u>No se</u>	
3.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>42</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>1, 7, 4, 5</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____	
4.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>40</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>3, 12, 8</u>	Ninguna: _____	Otra: <u>Violetas</u>
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: <input checked="" type="checkbox"/>	
Una vez a la semana: _____	Otra: _____	
5.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>48</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>7, 9, 10</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: _____	Otra: <u>SEMANA Y MEDIA</u>	

6.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>32</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>2, 7, 10</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____	
7.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>28</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>4, 12</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____	
8.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>33</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>1, 3</u>	Ninguna: _____	Otra: <u>gladiolas</u>
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____	
9.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>35</u>
¿Qué planta tiene en casa? _____	Ninguna: _____	Otra: <u>Rosas</u>
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: _____	Otra: <u>Semana y Media</u>	
10.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>22</u>
¿Qué planta tiene en casa? _____	Ninguna: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: _____	Otra: _____	

11.	Género: H_ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>35</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>10</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____	
12.	Género: H_ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>27</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>9, 1</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: _____	Otra: <u>semana y media</u>	
13.	Género: H_ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>30</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>12, 6, 7</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: <input checked="" type="checkbox"/>	
Una vez a la semana: _____	Otra: _____	
14.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M_	Edad: <u>29</u>
¿Qué planta tiene en casa? _____	Ninguna: <input checked="" type="checkbox"/>	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: _____	
Una vez a la semana: _____	Otra: _____	
15.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M_	Edad: <u>19</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>4, 5, 10</u>	Ninguna: _____	Otra: _____
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____	Cada tercer día: <input checked="" type="checkbox"/>	
Una vez a la semana: _____	Otra: _____	

16.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	Edad: <u>18</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>1, 6, 11</u> Ninguna: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: <input type="checkbox"/> Cada tercer día: <input checked="" type="checkbox"/>		
Una vez a la semana: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
17.	Género: H <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>22</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>2, 3, 7</u> Ninguna: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: <input type="checkbox"/> Cada tercer día: <input checked="" type="checkbox"/>		
Una vez a la semana: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
18.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	Edad: <u>20</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>4, 9, 12</u> Ninguna: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: <input type="checkbox"/> Cada tercer día: <input checked="" type="checkbox"/>		
Una vez a la semana: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
19.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M <input type="checkbox"/>	Edad: <u>25</u>
¿Qué planta tiene en casa? <input type="checkbox"/> Ninguna: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: <input type="checkbox"/> Cada tercer día: <input type="checkbox"/>		
Una vez a la semana: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
20.	Género: H <input type="checkbox"/> M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>45</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>8, 3, 10</u> Ninguna: <input type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: <input type="checkbox"/> Cada tercer día: <input type="checkbox"/>		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: <input type="checkbox"/>		

21.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>24</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>6, 11, 7</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
22.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>38</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>9, 10, 12</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
23.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>20</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>8, 3, 12</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
24.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>45</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>5, 3, 12, 11, 4</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
25.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>42</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>7, 10, 12</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: <u>depende del tipo de planta</u>		

26.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>42</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>7, 11, 2</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
27.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>46</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>10, 9, 6, 2, 5</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: _____ Otra: <u>No todas se riegan igual</u>		
28.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>40</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>11, 10, 7, 6, 3</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
29.	Género: H <input checked="" type="checkbox"/> M__	Edad: <u>38</u>
¿Qué planta tiene en casa? _____ Ninguna: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: _____ Otra: _____		
30.	Género: H__ M <input checked="" type="checkbox"/>	Edad: <u>47</u>
¿Qué planta tiene en casa? <u>1, 3, 10</u> Ninguna: _____ Otra: _____		
¿Cuántas veces a la semana riega sus plantas?		
Todos los días: _____ Cada tercer día: _____		
Una vez a la semana: <input checked="" type="checkbox"/> Otra: _____		

En cuanto a la periodicidad del riego a sus plantas se encontró que la mayoría de las personas riegan sus plantas una vez a la semana y que casi nadie riega diario sus plantas tal como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Periodicidad del riego

En cuanto a algunas de las plantas ornamentales más usual dentro de las casas encontramos que las más comunes son: Calatea, Cintas, Tolmiea y la lengua de tigre, como se muestra en la tabla 1 y la figura 2.

Tabla 1.

Planta de ornato más usual

Planta de ornato más usual		
No.	Tipo de planta	Cantidad
1	Begonia	5
2	Caladio	4
3	Calatea	9
4	pamporcino	6
5	Difembaquia	5
6	Hortensia	6
7	Lengua de tigre	7
8	Cala	4
9	Espatifilo	4
10	Cintas o falangio	8
11	Violeta africana	5
12	Tolmiea	8
13	Ninguna	4
14	otra	3

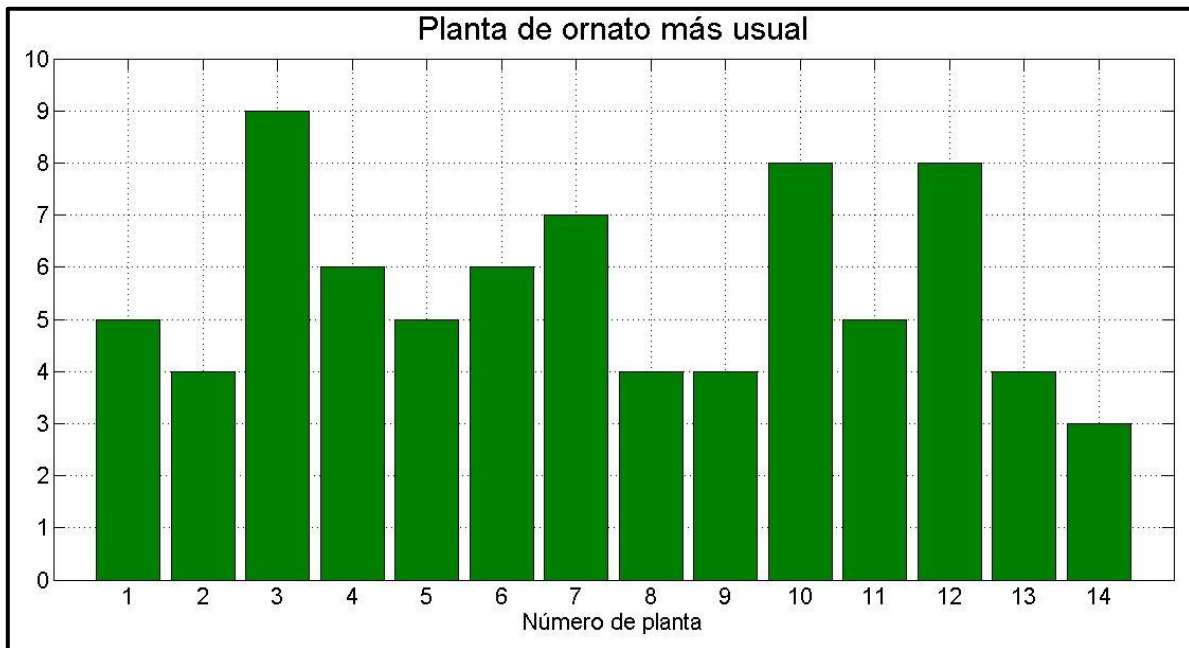


Figura 2. Gráfico de plantas más usuales

APÉNDICE B

Constancia de aprobación de la primera fase de la Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015.



El Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología

hace constar que el proyecto

Smart flowerpot

Con número de folio 2679-2015, ha sido dictaminado
como Aprobado en la primera fase de la
Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015
Estado de México

Mayo 2015

Constancia de aprobación de la segunda fase de la Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015.



El Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología

hace constar que el proyecto

Smart flowerpot.

Con número de folio 2679-2015, ha sido dictaminado como Aprobado en la segunda fase de la Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015 Estado de México

Integrante(s): **Mendoza Mendoza Ricardo Manuel, Flores López Ali Eduardo**

Asesor: **Martínez Carrillo Irma**

Julio 2015

Constancia de proyecto finalista en la Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015.



El Gobierno del Estado de México, a través del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología,

otorga el presente


RECONOCIMIENTO

a:

Ricardo Manuel Mendoza Mendoza

Por su participación como finalista en el marco de la Feria Mexicana de Ciencias e Ingenierías 2015, sede Estado de México

Toluca, Estado de México, octubre de 2015


L. en A. Xóchitl Sañeñez Ramírez
Directora de Investigación Científica y Formación de Recursos Humanos


Dra. en E. Sijón Cristiana Manzur Quiroga
Directora General