Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería

Escuela de Sistemas



Nombre: Josué Andrés Rosero Sánchez

Directora: Ing. Suyana Arcos

Trabajo previo a la obtención de título de ingeniero en sistemas y computación.

Análisis, diseño, desarrollo e implementación de un sistema de monitoreo para el cuidado integral de plantas domésticas.

Caso de estudio: Plantas Ornamentales.

Quito, mayo de 2019

DEDICATORIA

La presente investigación se las dedico:

Con todo mi amor y cariño a mis padres Washington y Mónica, mis hermanos Galo y Francisco y mi cuñada y sobrino Diana y Mathías, que siempre me han apoyado y confiado en mí para que pueda culminar con esta etapa de mi vida.

A mis queridos amigos y compañeros, que fueron el apoyo que se necesita siempre en la universidad para poder terminar la carrera.

A mis estimados maestros, que fueron un apoyo para que pueda seguir adelante en mis estudios.

A mis colegas de trabajo, que con su carisma y apoyo en la empresa hicieron un empuje para que pueda graduarme exitosamente.

Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles esta tesis, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo he podido obtener con el pasar del tiempo.

Índice de contenidos

Índice

Resumen. 6

Abstract. 7

1. Introducción. 8

2. Marco Teórico. 11

2.1. Categorías Fundamentales. 11

2.1.1. Temperatura. 11

2.1.2. Luz. 12

2.1.3. Humedad y Riego. 14

2.1.4. Abono. 16

2.1.5. Crecimiento y Trasplante. 17

2.1.6. Poda. 18

2.1.7. Herramientas Adecuadas. 19

2.1.8. Tipos de Plantas que se Cultivan Generalmente. 20

2.2. Sistemas Embebidos. 24

2.3. Sistemas de Control. 25

2.3.1. Microcontrolador. 25

2.3.2. E/S de un Microcontrolador. 26

2.4. Redes. 26

2.4.1. Red LAN. 26

2.4.2. Red Móvil. 26

2.5. Software. 27

2.5.1. Aplicación Cliente Servidor. 27

2.5.2. Aplicación Móvil. 27

2.6. Lenguajes de Programación. 29

2.6.1. Lenguajes de Alto Nivel y de Bajo Nivel. 29

3. Metodología. 31
3.1. Arduino. 31
3.2. Ciclo de Solución de Problemas de un Microciclo. 32
3.3. Análisis de la Situación o Adopción de una Meta. 32
3.4. Análisis y Síntesis. 33
3.5. Análisis y Evaluación. 33
3.6. Decisión. 34
3.7. Modelo en V. 34
3.8. SYSML. 35
3.9. Diagrama de Requerimientos. 35
3.10. Diagrama de Definición de Bloques. 36
3.11. Diagrama Interno de Bloques. 37
3.12. Diagrama de Casos de Uso. 38
3.13. Diagrama de Máquina de Estados. 40
4. Diseño. 41
4.1. Diseño del Sistema. 41
4.1.1. Diseño del Dominio Específico. 41
4.1.2. Diseño Eléctrico. 41
4.2. Diseño de Control. 46
4.2.1. Desarrollo de la Aplicación en Arduino. 46
4.2.2. Funciones Arduino. 46
4.2.3. Ethernet. 50
4.2.4. Adquisición de datos. 50
4.3. Diseño Informático. 51
4.3.1. Red. 51
4.3.2. Comunicación. 52
4.3.3. Tipo de Red. 53

4.3.4. Servicios Web. 54
4.3.5. Gestor de Base de Datos. 54
4.3.6. Lenguajes de Programación. 55
4.3.7. Desarrollo de la APP Móvil. 56
4.4. Diseño Electrónico. 56
4.4.1. Hardware. 56
4.5. Desarrollo de Solución Web. 58
4.5.1. Proyecto Datos. 59
4.5.2. Proyecto Negocios. 60
4.5.3. Proyecto Presentación. 60
4.5.3.1. Inicio Sesión (LOGIN). 60
4.5.4. Gestión de Usuarios, Roles y Permisos. 61
4.5.5. Formulario Web con Parámetros. 62
4.5.6. Formulario Web con Gráfico de Lecturas. 62
4.5.7. Servicios Web. 63
4.6. Diseño de la Base de Datos Central. 64
4.7. Desarrollo de la Solución Móvil. 67
4.7.1. Login Mediante Pin. 67
4.7.2. Monitorización en tiempo real del ambiente de la planta. 67
4.7.3. Notificaciones PUSH. 68
4.8. Prueba de Lectura de los Sensores. 70
5. Conclusiones y Recomendaciones. 71
5.1. Conclusiones. 71
5.2. Recomendaciones. 71
6. Bibliografía. 72

Resumen.

El crecimiento y la migración de los pobladores de los campos hacia las ciudades son factores que influyen directamente en la disminución de las áreas verdes. Es por ello, por lo que cada día aumenta la cantidad de personas amantes de las plantas que las mantienen dentro de macetas en lugares como balcones y patios internos. Por otra parte, cada día las personas tienen menos tiempo para dedicarle a sus plantas, lo que conlleva al descuido de estas que en la mayoría de las ocasiones terminan muriendo.

Este proyecto tiene como principal propósito mantener informado al dueño de la planta del ecosistema que la rodea, para así impedir que factores ambientales como falta de agua, luminosidad o temperatura repercutan de forma negativa en el desarrollo o mantenimiento de la planta. Durante el proyecto logramos recopilar a través de sensores implantados en la maceta datos informativos tales como valores de humedad, luminosidad y temperatura. Al procesar esta información y compararla con los valores óptimos que debe tener la maceta para albergar en ella una planta, podemos generar avisos mediante notificaciones tipo push al usuario de la aplicación, para que este tome medidas al respecto y así evitar la muerte o deterioro de la planta.

Abstract.

Population growth and the people migration from the countryside to the cities are factors that influence directly to the reduction of green areas. This can be a reason for the increasing number of people who love plants for keeping them in pots, balconies and backyards. Now a day people have less time to pay attention to their plants which leads to the lack of care for them and they end up dying.

The main reason of this project is keeping the owner informed about his plants and its surroundings for preventing factors such as the lack of water, light needed or temperature that can have a negative impact on the development or maintenance of the plant. During this project we implanted sensors in the pot to collect humidity, light and temperature results. By processing this information and comparing it with the values that a pot holding a plant should have it generates a push notification for the user on this app so he can avoid deterioration or death of the plant.

1. Introducción.

La contaminación en la ciudad de Quito se encuentra en los niveles “deseables”. Quito tiene el mayor parque automotor y genera 5,1 millones anuales de toneladas de CO2, y se pretende reducir hasta el 2019 en un 5%, a esta famosa “huella de carbono”, lo indico la secretaria de Ambiente, Verónica Arias el 15 de marzo del 2016 en el diario La Hora. (La Hora, 2016)

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud el rango deseable es de 10 a 15 metros cuadrados de área verde por cada habitante distribuidos en forma equitativa en la ciudad. Sin embargo, en Ecuador solo 10 municipios de los 221 cumplen la recomendación internacional del Índice Verde Urbano, de acuerdo con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos. Las superficies de área verde son consideradas, los parques y plazas. Por lo cual es el compromiso de cada habitante por lo menos tener una planta ya sea de interior o exterior en casa.

Apenas 10 municipios de los 221 en Ecuador cumplen con la recomendación internacional del Índice Verde Urbano, información que presentó el Instituto Nacional de Estadística y Censos. A partir de la cartografía digital del Censo de Población y Vivienda 2010, se realizó el cálculo del total de áreas verdes en m2, considerando como superficie de área verde, los parques y plazas. Para realizar el cálculo del Índice Verde Urbano, se consideró la población residente en sectores urbanos de las cabeceras provinciales y cantonales del país. (INEC, 2010).

El Índice Verde Urbano es el cálculo de los metros cuadrados de áreas verdes que existen por cada habitante en las ciudades. Por ello la jardinería es una de las opciones que permitirá aliviar en cierta parte la contaminación en la ciudad de Quito. Además, que ciertos estudios indican que sirve para controlar el estrés, enfermedad común en la actualidad. Factores muy importantes en la salud emocional,

La jardinería es un arte. Permite cultivar en un espacio abierto y/o cerrado, flores, arboles, hortalizas o verduras. En algunos casos es por gusto de ver cultivar plantas y en otro caso por tener plantas para su alimentación. Actualmente, en los edificios se tienen plantas de interiores y/o plantas de exteriores. Generalmente en los edificios la jardinería se la practica en macetas. De esta forma se obtiene un jardín de tipo móvil. Sin embargo, muchas personas no saben cultivar las plantas, ya sea por desconocimiento o por falta de tiempo. Los factores que se citan a continuación son vitales para las plantas, los cuales sino son apropiadamente utilizados puede ser devastador para una planta.

- Exposición solar.
- El riego.
- El suelo que requiere cada tipo de planta.
- El abono (cuando y cuanto).
- Podar.
- Evitar plagas.
- Pájaros y aves lastiman las plantas.
- Trasplantar.
- Herramientas para jardinería.
- El agua que se utiliza para regar.

Estos factores variaran de acuerdo con el tipo de planta, si falla uno de estos factores es muy probable que las plantas se mueran.

La falta de conocimiento de las plantas produce que las plantas mueran, por ello es necesario realizar un dispositivo tecnológico que permita tener indicadores en tiempo real para indicar uno de los factores principales para el adecuado uso de las plantas. Existen muchos beneficios para cultivar plantas de una manera adecuada como:

- Disminuir el nivel de contaminación en las ciudades grandes.
- Ambiente agradable.
- Relajación.
- Entretenimiento.

- Tener alimentos, flores y regalos naturales.

Se tomarán en cuenta materias de diseño mecánico, microcontroladores y redes. Para realizar esta aplicación móvil.

Lo novedoso es que a través de una red LAN, se envían los datos a un servicio web desde una tarjeta de adquisición de datos, las variables de control en cuanto a temperatura, humedad y luz. Los cuales son primordiales para que las plantas se cultiven de una manera correcta.

La utilidad en este proyecto es que las plantas estarían correctamente cuidadas y se mejora la calidad de vida de estas. De esta forma, existirán menos plantas muertas y de cierta forma se aporta a que exista menos contaminación en el medio ambiente.

Como objetivo general se diseñará e implementará un sistema de monitorización para el cuidado integral de plantas.

Para los objetivos específicos lograremos los siguientes:

- Analizar las condiciones de humedad y temperatura para un grupo de plantas.
- Desarrollar una aplicación móvil que emita avisos frecuentes para el cuidado del grupo de plantas.
- Diseñar el canal de comunicación para la conexión con la aplicación móvil.

2. Marco Teórico.

Para comenzar el proyecto se tiene que hablar de varios aspectos que se tiene a la hora de cuidar cualquier tipo de planta, es tal que se hablará de todos los factores que influyen como: el cuidado especializado de cada una, la luz necesaria para cada una de ellas, la humedad que necesita cada una de las plantas, las diferentes maneras que se puede podar a las plantas para un crecimiento más direccionado a lo que se necesita, también se verá lo que puede causar daño y lo que puede beneficiar a la planta en la que se aplique el sistema.

Se verán los factores ya dichos anteriormente para tener un control más específico de cada planta y para tenerla en un estado óptimo.

Es así como se hablará más detalladamente para tener una mejor información de cómo es el cuidado de una planta y para poder tener más conocimiento de cada una de ellas, es así como se podrá tener en óptimo funcionamiento del sistema y también se podrá medir diferentes tipos de factores que son los más principales para las plantas, cabe resaltar que se debe tener un cuidado diario para que no se tenga ningún tipo de problema.

2.1. Categorías Fundamentales.

2.1.1. Temperatura.

La temperatura cumple una función muy importante para el desarrollo óptimo de las plantas, las acciones de la temperatura, las variaciones térmicas y los cambios extremos de temperaturas hacen que no se afecte de forma negativa el desarrollo, no son capaces de mantener su temperatura constante, son poiquilotermos, por lo que los cambios de temperatura determinan su crecimiento y desarrollo (Dolores, 1998).

Por la existencia de una gran variedad de plantas, se realiza una clasificación general que nos ayuda a identificar distintas temperaturas estas son: cero de vegetación, temperatura óptima, temperatura umbral o limite y temperatura letal.

Cero de vegetación: Es la temperatura que se encuentra debajo de la cual la planta puede crecer, los valores son diferentes de determinar además para una misma especie los valores pueden varias.

Temperatura óptima: Es el valor que asegura el mejor crecimiento, este valor se encuentra entre los 25 y 28ºC para la mayoría de las plantas, pero puede llegar a 30ºC para plantas procedentes de climas más cálidos.

Temperatura de umbral o límite: El desarrollo de las plantas las cuales tienen distintas fases como las de floración no pueden realizarse si su temperatura se encuentra superior a la temperatura mínima determinadas.

Temperaturas letales: Se considera temperaturas letales a los valores más bajos y altos de temperatura que una planta puede soportar, temperaturas que congelan las superficies de los suelos no permiten que las plantas respiren de igual manera la mayoría de las plantas de clima templado no soportan temperaturas superiores a 50ºC.

La temperatura juega un factor importante y tiene efecto sobre las plantas estos efectos son: velocidad de crecimiento, transpiración, germinación, fotosíntesis y en la absorción de agua y nutrientes.

Generalmente la mayoría de las plantas requieren una temperatura diurna de entre 20 grados centígrados en promedio (BRICOFICHA, 2010). Cualquier temperatura superior a este límite se puede considerar perjudicial para la salud de una planta de cultivo.

A su vez las temperaturas evidenciadas en las noches o en la mayor parte de la época invernal, se considerarán como temperaturas bajas si no superan los 12 grados centígrados.

Estas temperaturas bajas son extremadamente perjudiciales para la salud de la planta de cultivo, a excepción de las plantas que requieren invernar para una mejor floración, como los limoneros o los cactus, las cuales soportan hasta temperaturas de 5 grados centígrados (Dolores, 1998).

2.1.2. Luz.

La luz es la fuente primaria de energía para la vida en la Tierra, esta energía es esencial para la dinámica tanto geológica como biológica. El Sol es el astro del

cual se recibe esta energía. Según de Las Rivas. J (2015) “se puede estimar que la energía total que llega a la superficie de la Tierra en un día es equivalente a la energía contenida en 300 000 millones de toneladas de carbón…” Por lo que las plantas realizan un proceso único llamado fotosíntesis en el cual “determinados organismos vivos autótrofos, (también llamados fotoergónicos o fotosintéticos), son capaces de absorber y utilizar la energía luminosa”.

Los organismos vegetales son el grupo principal y más abundante entre los organismos fotosintéticos y gracias a la fotosíntesis la estructura y la fisiología de las plantas poseen rasgos característicos para la ejecución de este proceso, por lo que es necesaria la luz para el desarrollo y crecimiento de las plantas tal y como se indica en la figura 1 de la fotosíntesis.

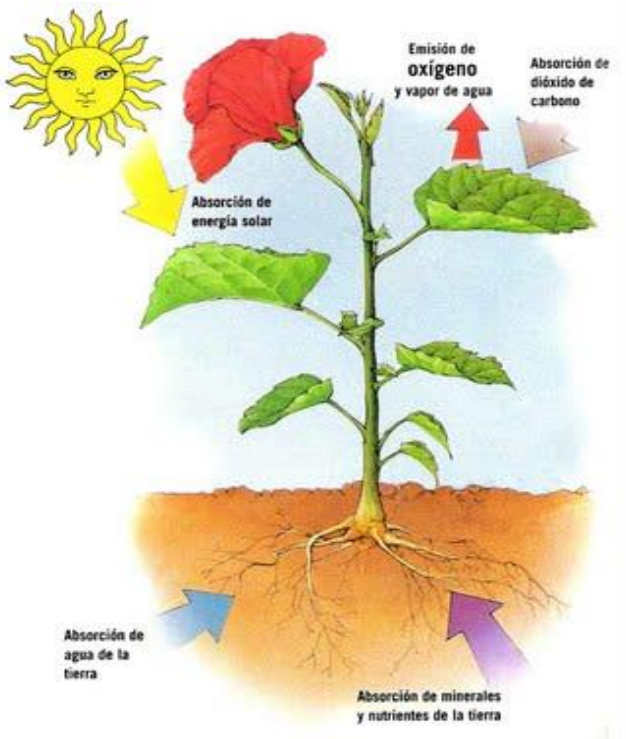


Figura 1. Esquema del proceso de fotosíntesis.
Fuente: LasPlantas, 2016

La luz solar cumple un papel fundamental para la subsistencia de las plantas debido a que las plantas utilizan la radiación solar como energía para su proceso de fotosíntesis. Todas las plantas requieren de luz para su crecimiento y floración, sin importar si son plantas de fruto u ornamentales. La necesidad

luminosa de cada planta dependerá del tipo de planta de cultivo, la cantidad mínima de luz diaria recomendada para una planta es en promedio 500 luxes.

Si la luz natural no cumple este mínimo de luz requerido por la planta se debe suplir con luz artificial, evitando el uso de lámparas incandescentes. Si se utiliza luz artificial se debe recordar posicionarla de la misma manera que la luz natural actúa sobre las plantas, es decir, se debe seguir una trayectoria solar aproximada. Se deben evitar los cambios bruscos de luz a sombra y viceversa ya que estos pueden provocar daños a la planta. (GADOR, 2015)
A su vez, si la luz natural es demasiada para la planta de cultivo, ventanas oscuras o cortinas ayudarán ampliamente en la retención de la energía y la regulación de la luz que recibirá la planta de cultivo. (ROBERTS, 2009)

2.1.3. Humedad y Riego.

La decoración de interiores muchas veces incluye plantas, las cuales, como cualquier ser vivo, necesitan de cuidado y nutrientes, estos últimos son obtenidos del suelo mediante el proceso de transpiración, en este proceso el agua que absorben las raíces mediante el riego es evaporada por las estomas, los cuales son pequeños poros que se encuentran en el envés de las hojas, estos poros le permiten a la planta interactuar con el medio ambiente.

Para que las plantas puedan realizar el proceso de transpiración es necesario que el suelo esté húmedo, es por esto que necesitan ser regadas regularmente, las plantas también obtienen humedad del ambiente a través de las estomas, es por esta razón que las plantas se mantienen en mejor condición en lugares con ambientes húmedos, como los bosques, la región oriente, etc. En la región sierra es mucho más difícil que las plantas mantengan la humedad que necesitan debido a su clima frío, ya que el viento hace que las estomas pierdan toda la humedad que habían almacenado dejando a la planta sin agua para poder transpirar y sin poder absorber nutrientes de la tierra; esta es una de las mayores causas del marchitamiento de las plantas en la sierra, debido a que muchas veces se las riega, pero no es suficiente porque el viento las deshidrata muy fácilmente.

El factor que más incide en los estomas es la humedad o la cantidad de agua que la planta gane o pierda, por esto muchas plantas abren sus estomas en la mañana y en la noche los cierran, esto se debe a que en la noche la cantidad de agua en las plantas es permanente, es decir, no existen cambios en el agua que han almacenado; cuando la planta necesita una mayor cantidad de agua, el ácido abscísico incrementa y llega a los estomas para notificar que la planta necesita más agua; el ácido abscísico o ABA es una "*hormona vegetal que provoca el cierre de los estomas"* (Evert, 1992) .

El porcentaje de humedad que deben tener las plantas varía de acuerdo a la especie, debido a que existen muchas plantas que pueden resistir en ambientes secos, como es el caso de los cactus, estos deben estar a un 30% - 40% de humedad, mientras que existen otro tipo de plantas que necesitan un porcentaje de humedad alto o medio, el porcentaje de humedad alto es de 75% en adelante y el medio es desde 41% hasta 74%, a continuación, veremos una representación de riego de plantas en la figura 2.



Figura 2. Sistema de riego por goteo en un cultivo de maíz.
Fuente: elblogverde, 2010

El método de riego más utilizado es el llamado riego por goteo, en el cual el agua se deja caer lentamente en el suelo de cultivo a través de una tubería de goteo.

Con este método se evita la pérdida de humedad superficial del suelo de cultivo por evaporación (Gov, 2008).

En general el riego requerido para alcanzar una humedad adecuada para cualquier tipo de planta se caracteriza por ser poco frecuente pero sustancioso, es decir que, se debe realizar el riego mediante un chorro lento durante un período prolongado de tiempo, buscando que el agua penetre de 8 a 10 pulgadas dentro del suelo de cultivo.

2.1.4. Abono.

El abono tiene como función principal proveer los nutrientes esenciales que mantendrán al suelo de cultivo en óptimas condiciones para la subsistencia de la planta de cultivo. La variedad de abonos disponibles, así como sus formas de presentación, es de amplia extensión en el mercado y la selección de este dependerá del tipo de planta de cultivo y del suelo. A continuación, se verá una representación de una composta en la figura 3.



Figura 3. Elementos conformantes de la Composta

Fuente: Educ.Ar, 2014

La utilización de abonos orgánicos se ha convertido en una alternativa en la actualidad. La composta, mezcla conformada por elementos orgánicos con un grado de descomposición, o los desechos orgánicos producidos por animales se recomiendan utilizarse en cultivos externos de mediana extensión. Para el abono de plantas sembradas en macetas se recomienda fertilizantes de cualquier origen que emanen pocos olores.

Se debe tener precaución con el uso de fertilizante, ya que si se lo aplica en exceso se corre el riesgo de debilitar la raíz de la planta de cultivo. Asimismo, el tipo y la cantidad de fertilizante serán determinados por del tipo de suelo en el que se encuentre sembrada la planta de cultivo (Gov, 2008).

2.1.5. Crecimiento y Trasplante.

El crecimiento en las plantas se produce en gran parte de su ciclo de vida. Desde la germinación de las semillas plantadas hasta el decaimiento y muerte, el crecimiento de una planta se verá directamente relacionado con la locación en donde se encuentre sembrada como se verá en la figura 4.



Figura 4. Secuencia de trasplante de un helecho

Fuente: iwannagrowshop, 2015

Las plantas deben ser replantadas en macetas con un tamaño dos veces superior al anterior envase. Para la realización de este procedimiento, se debe tener sumo cuidado con no afectar a las raíces de la planta y a su vez retirar toda la tierra antigua.

Una vez que la planta se encuentre en plena etapa de desarrollo, especialmente en la temporada de verano, se presenta el período ideal para sacar los esquejes. Al retirar los esquejes limpiamente, las nuevas ramas tendrán mayor oportunidad de desarrollarse rápidamente (BRICOFICHA, 2010).

2.1.6. Poda.

Debido a que las plantas obtienen la energía luminosa y aire a través de sus hojas, la poda constituye el método más recomendado para asegurarse que las plantas de cultivo absorban los elementos necesarios para su desarrollo. Por esta razón el follaje no únicamente constituye una cualidad física, sino que también ayuda a las plantas en la conservación de su salud. Se mostrará una representación de la poda de hojas en la figura 5.



Figura 5. Poda de hojas secas en rosas

Fuente: Jardin, 2014

El corte de las hojas secas y limpieza de las demás hojas resulta esencial para mantener una planta saludable y vistosa.

2.1.7. Herramientas Adecuadas.

Las herramientas de cultivo que se deban utilizar en un sembrío dependerán del tamaño del cultivo. Para cultivos de escala doméstica, normalmente realizados en macetas o pequeños jardines, se emplearán herramientas de mano (Evert, 1992) tales como las que se indican en la figura 6.



Figura 6. Herramientas de Jardinería

Fuente: GalconGarden, 2014

La variedad de herramientas para la jardinería y mantenimiento floral es amplia y numerosa, las cuales pueden servir para distintas partes de la planta y tener distintas funcionalidades, pero principalmente se necesitan herramientas de corte, excavación y de riego.

Para cultivos de mediana escala en donde se tenga tendencia a la proliferación de maleza, se sugiere emplear maquinaria eléctrica o de combustión para poder acabar con la maleza.

2.1.8. Tipos de Plantas que se Cultivan Generalmente.

Plantas Medicinales y Aromáticas: Las plantas medicinales y aromáticas se encuentran presentes en la gran mayoría del territorio latinoamericano, esto debido a la cultura de medicina tradicional que abarca todo este territorio. Desde los primeros pobladores, el uso de plantas para la medicina se ha incorporado a la cultura latinoamericana (FRETES, 2010).

A pesar de la presencia de la medicina natural tan arraigada en la cultura, el cultivo de plantas medicinales no se encuentra presente en un nivel industrial. Esto se debe al desconocimiento de la forma de manejo de este tipo de cultivo y la falta de incentivo por parte de las industrias estatales. Por tanto, la mayor parte de cultivo de este tipo de plantas únicamente se maneja a un nivel doméstico y de consumo propio.

Las plantas medicinales no requieren cuidados específicos además de los planteados en el tema de humedad y riego de este escrito, esto se debe a que este tipo de plantas se encuentran en la naturaleza de forma silvestre.

Plantas Ornamentales: Las plantas ornamentales cumplen únicamente la función de mejorar el entorno visual en el cual se necesita que tenga mejor presentación en un lugar específico o para algún tipo de diseño arquitectónico que se necesite tener un estilo más natural, sin brindar ninguna cualidad o aportar algún beneficio directo a la salud del ser humano o algún producto que sea factible para el mismo.

Uno de los grandes ejemplos de una planta ornamental es el conocido helecho, aunque la variedad de este tipo de plantas es extensa tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Ejemplos de plantas de ornamentales para macetas

Nombre	Nombre científico	Humedad	Temperatura	Luz
Anturio	Anthurium scherzerianum	Media	15°C	Sombra
Arbusto elefante	Portulacaria afra	Baja	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto

Artanita o pan de puerco	Cyclamen	Baja	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Azalea	Rhododendron indicum	Alta	24°C	Sol Directo
Bandera blanca	Spathiphyllum	Alta	27°C	Semi sombra – brillante sol indirecto
Bromelia	Tillandsia imperialis	Alta	15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Cactus Común	Acanthocalycium	Baja	27°C	Sol Directo
Cactus Astrofito	Astrophytum asterias	Baja	27°C	Sol Directo
Cactus Bonete de Obispo	Astrophytum myriostigma	Baja	27°C	Sol Directo
Cola de Rata	Peperomia caperata	Baja	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Corona de Cristo	Euphorbia mili	Baja	27°C	Sol Directo
Diefenbaquia	Diffenbacchia maculata	Media	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Fitonia	Fittonia Verschaffeltii	Alta	24°C	Sombra
Flor de Mayo	Plumeria rubra	Baja	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Floripondio	Brugamsia aurea	Baja	21°C	Sol Directo
Gardenia	Gardenia jasminoides	Media	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Helecho Macho	Polypodium filixmax	Media	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto

Laurel de la india	Ficus Benjamina	Alta	24°C	Brillante sol indirecto
Lirio de Agua	Zantedeschia	Alta	15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Lluvia de Coral	Russelia equisetiformis	Baja	13°C-15°C	Sombra
Lluvia de Estrella	Cuphea hyssopifolia	Alta	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Mano de Tigre	Monstera deliciosa	Media	13°C	Sombra
Nochebuena	Euphorbia pulcherrima	Media	22°C	Sol Directo
Opuntia Cilíndrica	Austrocylindropuntia cylindrica	Baja	27°C	Sol Directo
Oreja de elefante	Caladium	Media	22°C	Sombra – Semi sombra
Palo de agua	Dracena fragans	Media	21°C	Brillante sol indirecto – semi sombra
Ruvelina	Phoenix roebelenii	Media	27°C	Sol Directo
Trompeta	Allamanda Violacea	Baja	21°C	Sol Directo
Tulipán de Capullo rojo	Hibiscus rosa	Baja	22°C	Sol Directo

Hortalizas: Las hortalizas son aquellas plantas que pueden ser cultivables y que se encuentran dentro de la dieta del ser humano y que se puede consumir en gran cantidad. Su variedad, así como características son diferentes puesto que se pueden desarrollar en diferentes zonas climáticas y condiciones geográficas tal como se lo mostrara en los datos informativos de la Tabla 2.

Tabla 2. Ejemplos de hortalizas cultivables en el suelo del Ecuador.

Nombre	Nombre científico	Humedad	Temperatura	Luz
Acelga	Beta Vulgaris	Media	15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Brócoli	Brassica Oleracea	Media	20°C-25°C	Sol Directo
Calabaza	Cucurbita maxima	Media	13°C-15°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Cebolla	Allium Cepa	Media	24°C	Sol Directo
Coliflor	Brassica Oleracea	Alta	15°C-21°C	Semi sombra – brillante sol indirecto
Espinaca	Spinacia oleracea	Media	15°C-25°C	Sol Directo
Maíz	Zea mays	Media	17°C	Sol Directo
Papa	Solanum tuberosum	Media	15°C-21°C	Sol Directo
Rábano	Raphanus sativus	Alta	17°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Zanahoria	Daucus carota	Alta	16°C-18°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto

Bonsáis: Los bonsáis son pequeños árboles que necesitan una gran cantidad de cuidados específicos para su subsistencia y crecimiento.

El riego del bonsái, al encontrarse plantado en una pequeña maceta, debe ser frecuente siempre y cuando la tierra de cultivo drene adecuadamente el agua de riego. Su variedad, así como necesidades son amplias, este tipo de plantas son especialmente podadas para lograr tener un tamaño minúsculo, este tamaño es lo distintivo en este tipo de plantas puesto a que los frutos también alcanzan un tamaño minúsculo, este tipo de planta se podría decir que también es un tipo de adorno, pero también tiene frutos los cuales puede servir, tenemos distintas variedades de plantas bonsáis las cuales pueden ser o no frutales, tal como se mostrara en la Tabla 3.

Tabla 3. Diferentes tipos de Bonsáis comerciales.

Nombre	Nombre científico	Humedad	Temperatura	Luz
Abedul	Betula pendula	Media	17°C	Semi sombra – brillante sol indirecto

Arce de Montpellier	Hacer monspessulanum	Baja	15°C-21°C	Semi sombra – brillante sol indirecto
Arce trífido	Hacer buergerianum	Media	24°C	Sol Directo
Boj	Buxus sempervirens	Media	15°C-21°C	Sol Directo
Carpe	Carpinus laxiflora	Baja	17°C	Semi sombra-Sombra-Brillante sol indirecto
Cedro	Cedrus	Media	15°C-25°C	Sol Directo
Ciga	Cyca revoluta	Baja	15°C-21°C	Semi sombra – brillante sol indirecto
Ciprés	Cupressus sempervirens	Media	15°C-25°C	Sol Directo
Eucalipto Blanco	Eucalyptus globulus	Media	15°C-21°C	Sol Directo
Naranjo	Citrus spp	Media	20°C-25°C	Sol Directo

Cuidados Especiales en Bonsáis: Asimismo, en cuanto a la fertilización de la tierra de cultivo, los bonsáis necesitan que esta sea periódica, debido a su gran consumo de nutrientes. Existen ciertos tipos de abonos específicos para los bonsáis, ya que los abonos naturales podrían no brindar los minerales necesarios para el crecimiento de un bonsái.

A su vez en cuanto a la luz solar y la temperatura del ambiente, el bonsái se considera como una planta de interior, la misma que no soporta cambios bruscos de temperatura ni la exposición prolongada a la luz solar (GADOR, 2015).

2.2. Sistemas Embebidos.

Son sistemas electrónicos diseñados para el cumplimiento de una o algunas funciones específicas dentro de un sistema de hardware (CAYSSIALS, 2014). Este tipo de sistemas se encuentran presentes en la gran mayoría de dispositivos que interactúan con el ser humano como son: Microondas, celulares, rastreo satelital, despertadores inteligentes.

2.3. Sistemas de Control.

2.3.1. Microcontrolador.

Un microcontrolador es un elemento electrónico de alta escala de integración que posee entradas, una unidad de procesamiento y salidas, a su vez contiene todos los componentes fundamentales de un ordenador, con limitadas prestaciones, pero muy útil para su aplicación en tareas específicas.

En su memoria se pueden establecer lazos de control mediante los cuales, al leer entradas específicas, se pueden obtener salidas para el control de actuadores de un sistema (ATMEL, 2014).

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador
- Memoria RAM
- Memoria ROM/EPROM/EEPROM/Flash.
- Líneas de E/S.
- Diversos módulos Conversores.
- Generador de impulsos de reloj

La disposición física de estos elementos se encuentra descrita en la Figura 7.

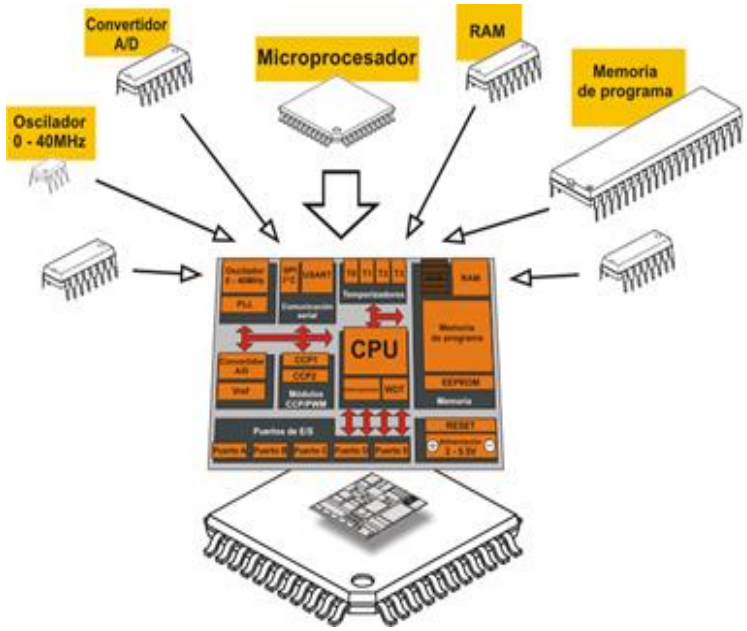


Figura 7. Estructura interna de un microcontrolador

Fuente: MicrocontroladoresIntroduccion, 2014

2.3.2. E/S de un Microcontrolador.

Las entradas y salidas de un microcontrolador serán de tipo analógico o digital según las especificaciones del microcontrolador. Asimismo, la cantidad de puertos destinados para la entrada o salida de datos de un microcontrolador dependerán de los pines que posea el microcontrolador en su estructura física.

2.4. Redes.

2.4.1. Red LAN.

Una red LAN corresponde a una red de área local que se encuentra determinada por una limitación geográfica. A su vez la topología que se maneja en este tipo de red puede ser de anillo o de árbol (CABALLERO, 1997).

2.4.2. Red Móvil.

Una red móvil es una comunicación inalámbrica mediante ondas electromagnéticas dentro de un área geográfica delimitada desarrollada especialmente para dispositivos inteligentes, normalmente denominada como red celular. Se requieren de estaciones base en las cuales se recibirá y enviará nuevamente la información para prolongar la distancia de envío de datos (InfoCel, 2016) tal y como se muestra en la figura 8.



Figura 8. Representación de una red de datos móvil a escala mundial

Fuente: conceptodefinicion.de, 2014

La capacidad de envío de información es finita, esta es especialmente vulnerable si se realizan múltiples envíos simultáneos a varios dispositivos en diferentes lugares. Por lo tanto, cuanto mayor sea el número de usuarios que estén dentro de una red celular, se requerirá un mayor número de estaciones que serán una base para la retransmisión de la información para que esta tenga más seguridad en sí misma.

2.5. Software.

2.5.1. Aplicación Cliente Servidor.

Una aplicación cliente servidor se trata de la relación entre un proveedor de recursos y su usuario final. Mediante este tipo de aplicaciones el cliente realiza peticiones a un programa del cual el servidor es el encargado de brindar una respuesta oportuna. Este tipo de estructura no únicamente funciona en dos dispositivos finales de cliente y servidor, sino que también, el papel de cliente es ocupado por múltiples clientes a través de una red de datos (SOMMERVILLE, 2005).

A pesar de ser desarrollada dentro de una red de datos de gran escala, su velocidad de respuesta se encuentra limitada por el número de clientes que pueda sostener dicha red de datos. Este es uno de los grandes problemas de la centralización de datos, por lo que cada vez más se busca el desarrollo de redes mixtas en las cuales exista distribución apropiada de la información.

2.5.2. Aplicación Móvil.

Una aplicación móvil es una clase de programación que se hace para una arquitectura específica dentro de la cual se encuentran los teléfonos inteligentes y cualquier dispositivo de procesamiento móvil inalámbrico que tenga un sistema operativo o una plataforma de móviles (SANCHEZ, 2010). La mayoría de este tipo de aplicaciones se encuentra desarrolladas para un sistema operativo móvil específico como: Android, iOS y Windows Phone.

Pero también se pueden encontrar disponibles en versiones estándar multiplataforma, esto quiere decir que puede tenerse la misma aplicación en diferentes plataformas como las ya estipuladas y tienen la misma funcionalidad

en todas sin cambio alguno, en algunos casos solo se cambia el diseño por cuestión del mismo sistema que tiene diferentes tamaños y especificaciones o por simple estética de cada sistema operativo móvil que tiene algunos requerimientos que deben seguir a la hora de diseñar el programa como se observa en la figura 9.



Figura 9. Aplicación de Mapas sobre una plataforma iOS

Fuente: eju!, 2013

El desarrollo y cualidades de la aplicación móvil dependerán en gran medida de su sistema operativo de destino. Comúnmente los sistemas desarrollados para plataformas iOS tienden a ser más vistosos y prácticos, pero con un costo de desarrollo y adquisición mayor a los sistemas desarrollados para plataformas Android.

Las principales ventajas de este tipo de aplicaciones se presentan a continuación:

- Programación y acceso a la aplicación con mayor velocidad
- Captación de datos en el momento
- Gran versatilidad para múltiples usos

- Seccionamiento de funciones específicas conforme se requiera.

Gran capacidad de envío y recepción de información debido a ser desarrollada para una red inalámbrica.

2.6. Lenguajes de Programación.

Un lenguaje de programación es un código lingüístico elaborado para determinar un conjunto de instrucciones a cumplir por una unidad de procesamiento. Este tipo de lenguaje puede estar destinado a controlar el comportamiento físico de un equipo o a realizar procesamiento de algoritmos (COSCO, 2008).

Se encuentra conformado por comandos de texto y símbolos que definen la estructura y el significado de cada línea de comando. Para la programación de un conjunto de instrucciones se debe tener en cuenta la prioridad con la que trabaja la unidad central de proceso.

2.6.1. Lenguajes de Alto Nivel y de Bajo Nivel.

Los lenguajes de alto y bajo nivel se caracterizan por ser los comandos a cumplir en un código de programación determinado el cual hará las funciones necesarias, teniendo en cuenta que su principal diferencia es el destinatario que interpretará las líneas de comando como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Gráfico explicativo del nivel de lenguaje de programación.

Fuente: SlideShare, 2015

Los lenguajes de alto nivel son los lenguajes de programación relacionados directamente con el ser humano, es decir, es una expresión clara de un algoritmo que un ser humano busque procesar. Su principal característica es su fácil interpretación por un ser humano.

A su vez, para que una máquina pueda comprender los lenguajes de programación de alto nivel desarrollados por un ser humano, se empleará un lenguaje de bajo nivel o nivel de máquina, en el cual las instrucciones programadas por el ser humano se trasladarán a un lenguaje lógico de unos y ceros. Este es el lenguaje en el cual las unidades de procesamiento interpretan y ejecutan las sentencias descritas por el ser humano (SANCHEZ, 2010).

3. Metodología.

Se conoce por mecatrónica al término que surge de combinar meca (mecanismos), y trónica (electrónica), la creación del término se la adjudica al japonés Ko Kikuchi, llevando la idea de la rama multidisciplinaria de la ingeniería que combina elementos de la ingeniería mecánica, control y electrónica (ANON,2019).

Partiendo de esta visión multidisciplinaria, la mecatrónica resulta de la integración de tecnologías para el control y/o manufacturas más versátiles bajo la premisa de búsqueda de sistemas integrados de bajo coste y alta fiabilidad.

3.1. Arduino.

Es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla (principalmente con cables dupont) (ARDUINO.CL,2019).



Figura 11. Arduino Mega

Fuente: Arduino.cl, 2019

3.2. Ciclo de Solución de Problemas de un Microciclo.

El Ciclo de solución de problemas se basa en la fundamentación del problema general mediante la disposición de procedimientos de planificación que pueden ser adaptados a las peculiaridades de cualquier tarea de diseño como se muestra en la figura 12.

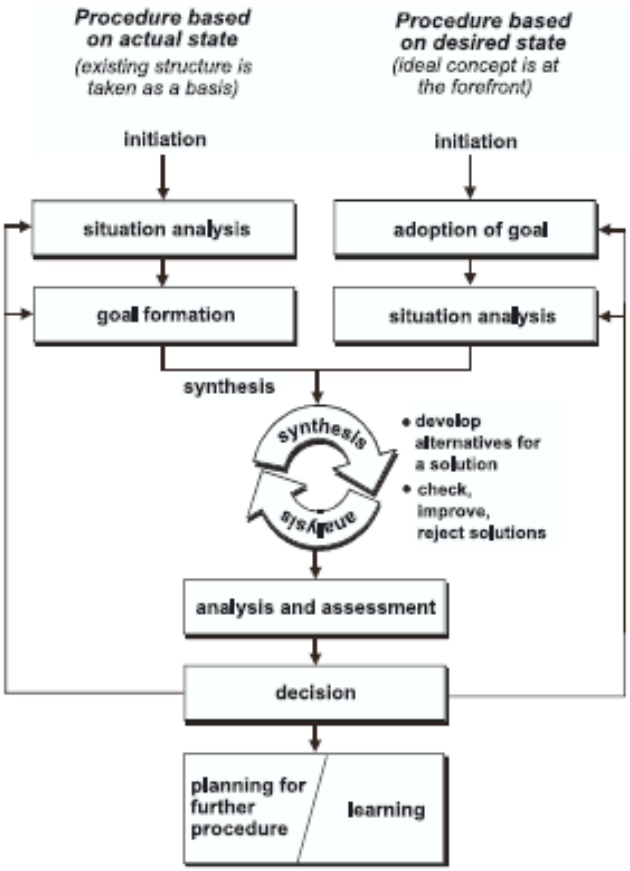


Figura 12. Ciclo de solución de problemas como microciclo.

Fuente: VDI, 2004

3.3. Análisis de la Situación o Adopción de una Meta.

El comienzo del ciclo de solución de problemas puede ser tanto el análisis de la situación, como la adopción de una meta.

La meta puede tener un origen externo, seguido de un análisis de la situación (procedimiento gobernado por el estado deseado), o la meta puede ser formulada mediante el análisis de una situación que previamente no haya sido clara (procedimiento gobernado por la situación actual) (VDI, 2004).

Para el presente proyecto, la meta está regida por el objetivo del proyecto de diseñar e implementar un sistema de monitorización para el cuidado integral de las plantas, basado en la problemática de la contaminación, lo que se busca es crear más cultivos urbanos sostenibles, lo cual deriva en la necesidad de crear un sistema de monitoreo amigable con el usuario en el arte de la jardinería.

3.4. Análisis y Síntesis.

Esta subetapa está orientada a elaborar soluciones e identificar posibles aspectos adicionales del problema que requieran un retorno al análisis de la situación y objetivo, o tengan que ser incluidos en la etapa de evaluación como un criterio suplementario (VDI, 2004).

Partiendo de la problemática anteriormente planteada, la solución corresponde a la creación de un dispositivo tecnológico capaz de suplir las necesidades del usuario en lo que corresponde dar sostenibilidad a su cultivo, la mejor forma de hacerlo es supliendo las necesidades vitales de la planta, de tal forma que esta no muera por descuido o por negligencia en aspectos como la sobre irrigación, exceso de exposición solar, temperaturas no aptas, entre otros aspectos totalmente solucionables mediante la implementación de instrumentación, además de un sistema de comunicación eficiente, capaz de notificar al usuario sobre los eventos en la plantación.

3.5. Análisis y Evaluación.

Las variantes de solución concretadas la búsqueda de una solución está sujeto de una evaluación detallada. Para este propósito, las propiedades de las variantes individuales de la solución se analizan en base de los requerimientos propuestos. Como resultado a este proceso, se deben preparar una o varias soluciones para la toma de una decisión (VDI, 2004).

Como ya se ha planteado, las necesidades de las plantas son variantes, pero se puede establecer un parámetro general usando los datos generales recabados en el capítulo anterior, el mismo que define las variables ideales para el mantenimiento de la planta.

Tabla 4. Condiciones Ideales

Temperatura	25ºC – 30ºC
Luz	500 luxes
Humedad relativa del suelo	30% - 70%

Para el caso de la comunicación, el medio óptimo a considerar es la conexión a dispositivos móviles, tales como tablets y smartphones, mismos que acompañan al usuario día a día, y poseen características de conectividad idóneas para el propósito buscado.

3.6. Decisión.

La etapa de la decisión determina que el procedimiento para la solución del problema fue satisfactorio, es decir, cumple con las expectativas o metas planteadas en un inicio. Si no es así, la decisión deberá ser tomada en base a otras alternativas (VDI, 2004). Mediante el uso de la instrumentación, se puede diseñar un dispositivo capaz de monitorear cultivos para mantenerlos en sus condiciones ideales de vida (tabla 4). Para la conexión con dispositivos móviles, el uso del internet permitiría al usuario la comunicación más versátil posible por sobre otras opciones, como son Bluetooth, infrarrojo o mediante cualquier medio físico.

3.7. Modelo en V.

El modelo en V describe un procedimiento genérico de diseño de un sistema mecatrónico.

Las etapas del modelo en V determinan los requerimientos, el diseño del sistema, el diseño en dominio específico del sistema (ingeniería mecánica, eléctrica e informática), integración del sistema, y producto terminado.

Cabe destacar la importancia del aseguramiento de las propiedades como una de las características más notables de este modelo, la cual busca volver a cualquier punto del diseño y modificar el mismo, con el fin de que el producto resultante pueda satisfacer los requerimientos de la manera óptima posible como se muestra en la figura 13.

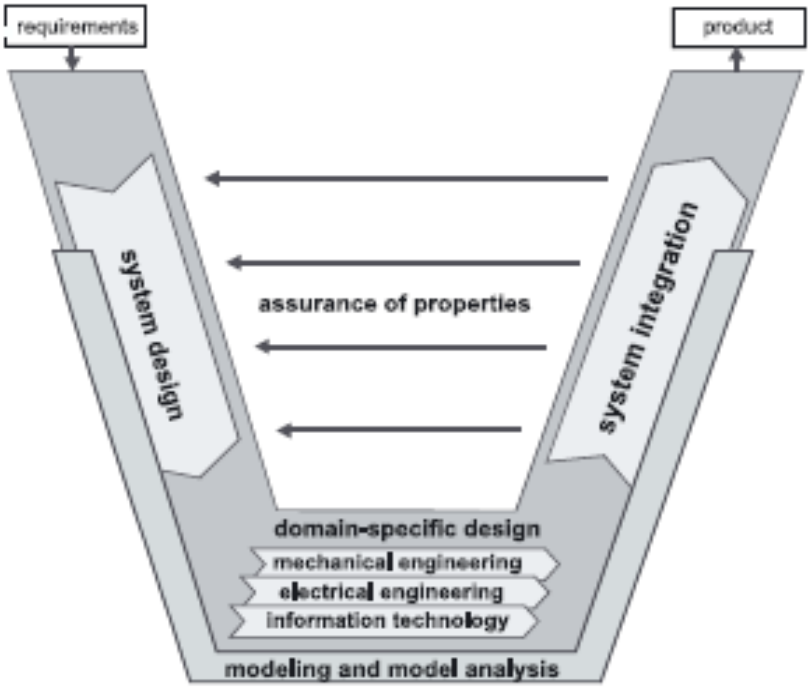


Figura 13. Modelo en V como macrociclo.

Fuente: VDI, 2004

3.8. SYSML.

SYSML (Systems Modeling Language) es un lenguaje de modelado basado en el lenguaje UML (Unified Modeling Language) para su aplicación en la ingeniería de sistemas, los mismos que pueden incluir hardware, software, y más información importante en el diseño, lo cual es muy esencial en el procedimiento de cada uno d los códigos que se realizara a continuación del modelamiento básico de como quedara el programa. En la ingeniería en sistemas basada en modelos (MBSE) se requiere la aplicación de principios de modelado visuales, los mismos que incluyen (pero no están limitados a) actividades como: requerimientos, análisis y verificación, análisis funcional y de distribución (SysML.org, 2016).

3.9. Diagrama de Requerimientos.

Los requerimientos determinan los lineamientos a satisfacer por el sistema diseñado, también se podría decir que los requerimientos son aquellos que satisfacen al cliente el cual tiene que ver qué tipo de características debe tener el programa, estos lineamientos deben ser coherentes con las necesidades del

usuario y estar definidos dentro de los parámetros posibles, previamente analizados en el ciclo de solución de problemas. Los requerimientos para el presente dispositivo corresponden a: Materiales, comunicación, controlador, fuente de alimentación, funcionamiento, forma, disposición, como se muestra en la figura 14.

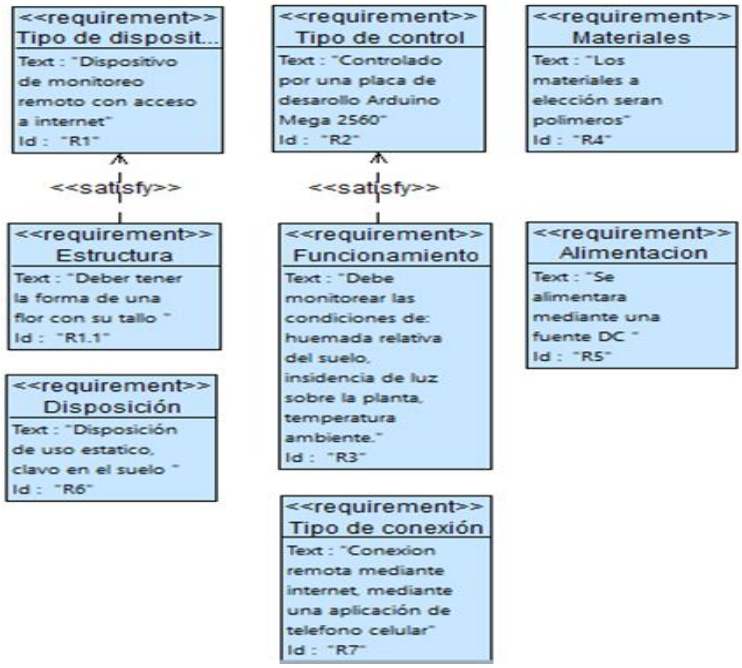


Figura 14. Diagrama de requerimientos en SYSML.

3.10. Diagrama de Definición de Bloques.

Se entiende por bloque a cada entidad que participa del sistema.

En el presente diagrama de definición de bloques (Figura 15), se define el sistema en términos de sus características y su relación con otros bloques del sistema.

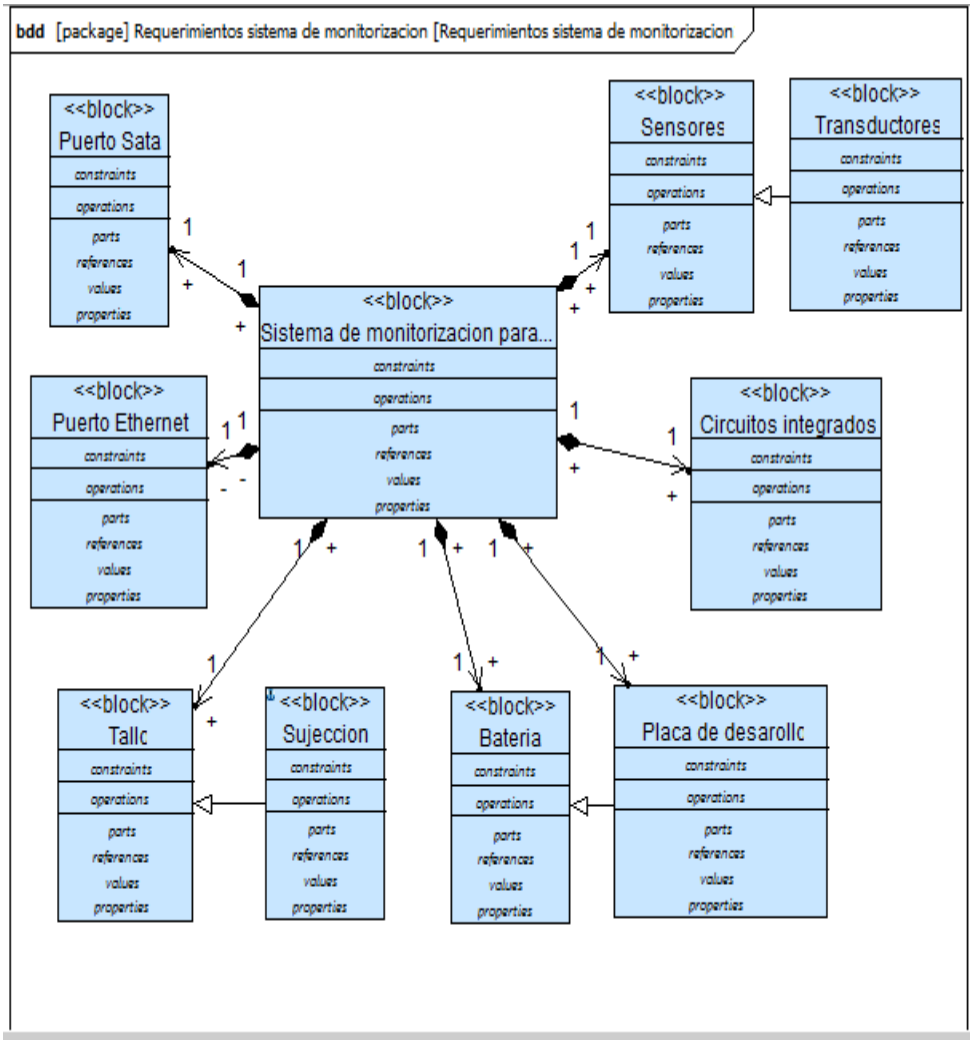


Figura 15. Diagrama de definición de bloques.

3.11. Diagrama Interno de Bloques.

El diagrama interno de bloques es aquel que muestra la forma en la que debe estar ensamblado todos los bloques que se puedan tener, las conexiones que este debe tener y la relación lógica para que pueda funcionar eficazmente y debe tener una concordancia con el resto de los bloques, para así tener una lógica correcta a la hora de aplicarlos.

El diagrama interno de bloques debe consistir en que cada parte que forma el sistema representa un bloque específico en el cual se debe indicar la multiplicidad de estas presentes en el sistema en el que se está implementando. Para el presente la placa de desarrollo deberá estar conectada a la fuente de alimentación y a los puertos de comunicación con el resto de sistema para que funcione perfectamente, como se evidencia en la figura en la cual se detallara

todo el sistema de bloques que se ha puesto a consideración y como son las relaciones de cada uno de los componentes que se utilizó y que se pondrán para el sistema (figura 16).

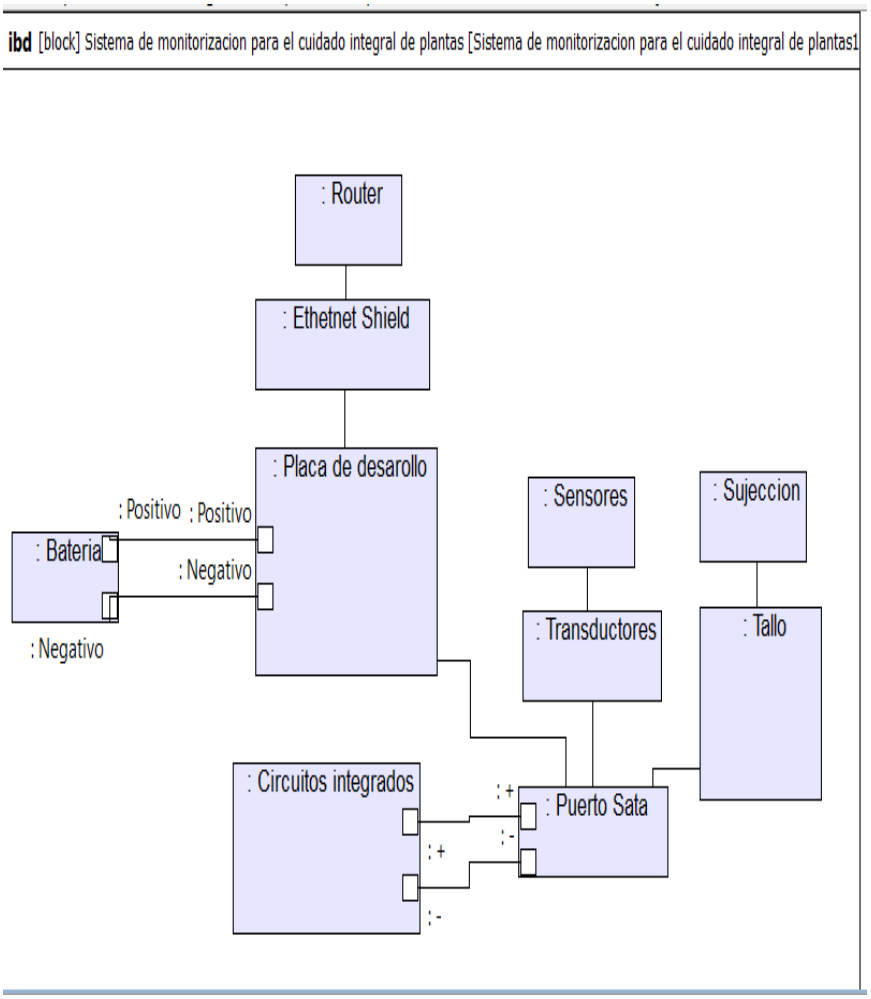


Figura 16. Diagrama interno de bloques.

3.12. Diagrama de Casos de Uso.

El diagrama de casos de uso UC (por sus siglas en inglés Use Case), se usa para representar el funcionamiento del sistema en las diferentes circunstancias que se le puedan presentar con el fin de cumplir determinados objetivos.

Se encarga de representar los eventos a sucitarse en el sistema en relación con quién va a usarlo, este tipo de diagrama de casos de uso es útil para definir cuales son los requerimientos de funcionamiento del sistema presentados por el usuario y cada caso de uso relacionados con conectores lógicos los cuales indican que tipo de relacion tienen con quien se esta uniendo, este tipo de diagramas son los que indican de que forma se determina la ejecución de cada

evento y como se esta relacionando, este diagrama tambien es util para presentar de una manera mas ordenada como se debe estar implementando el programa para no tener ningun tipo de fallo a la hora de ejecutarlo o poder ver algun tipo de error que se puede sucitar a la hora de programar el mismo, tal y como se ve en la figura 17.

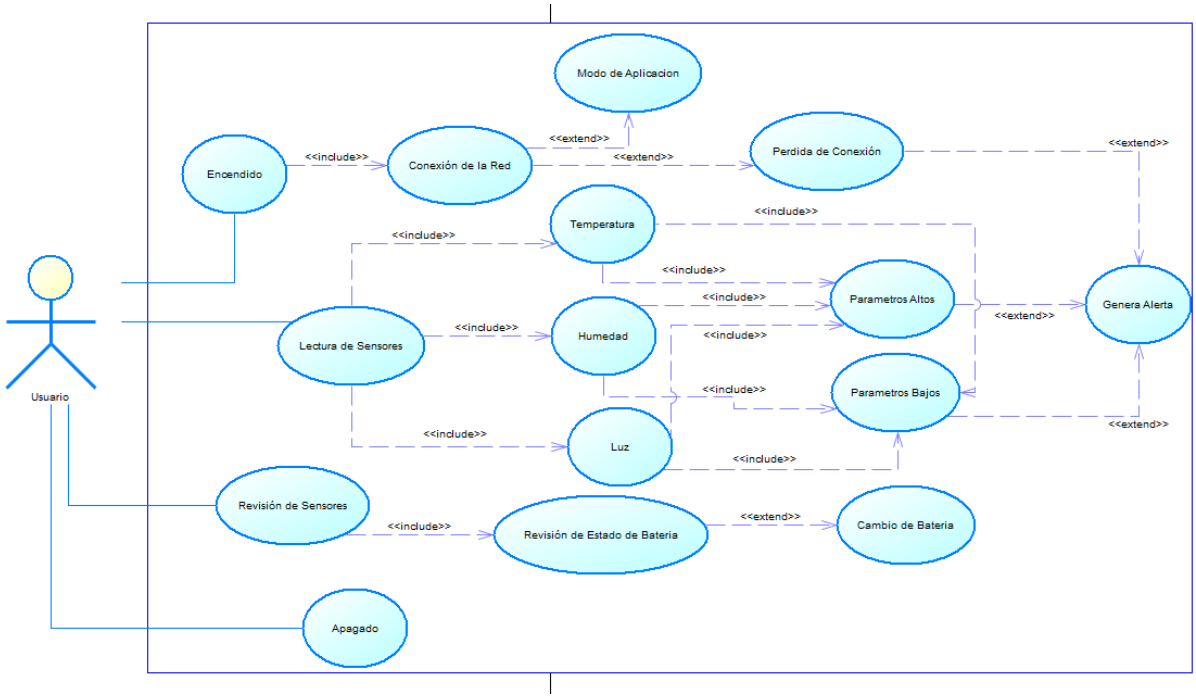


Figura 17. Diagrama de casos de uso.

3.13. Diagrama de Máquina de Estados.

El diagrama de máquina de estados STM (Por sus siglas en inglés State Machine) representa el modelo de cómo un bloque cambia su estado, y el orden que tienen los eventos bajo las diversas condiciones lógicas bajo las cuales trabaja el sistema. Indica cual será el comportamiento del sistema de forma íntegra como se muestra en la figura 18.

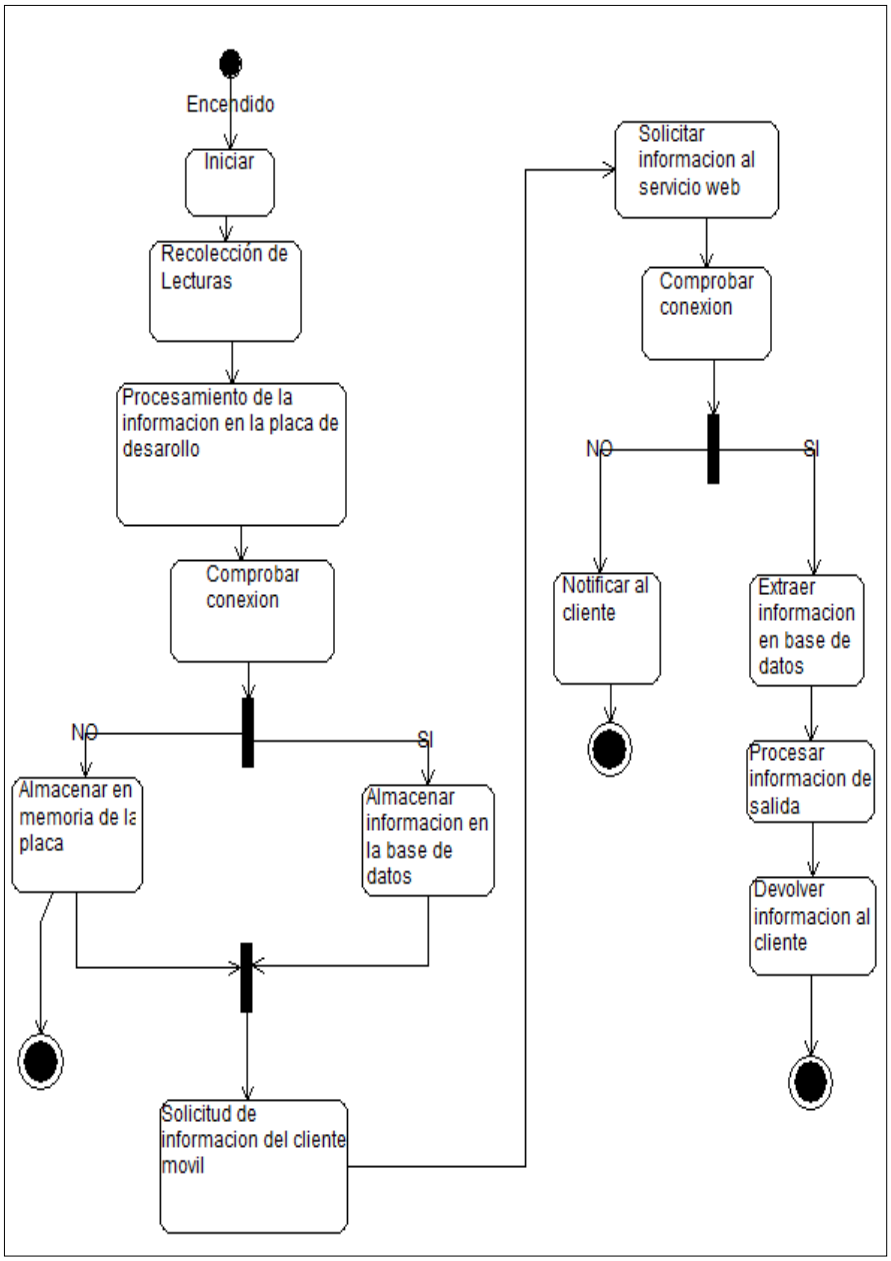


Figura 18. Diagrama de máquina de estados.

4. Diseño.

En el presente capítulo se dispone de los resultados obtenidos de la investigación realizada. Se tienen pruebas realizadas con los sensores de temperatura, de humedad en tierra y de luminosidad, el uso de Arduino, la integración de este con un servicio web, la visualización de estos datos en el aplicativo móvil y la aplicación web que administra toda la plataforma informática.

4.1. Diseño del Sistema.

La finalidad es establecer una solución conceptual que describa la forma de operación lógica y las características físicas del producto final. (VDI, 2004)

Los requerimientos plantean la necesidad de un dispositivo de disposición estática clavado en el suelo, cuyo diseño sea estético y agradable al consumidor, por lo que su diseño físico será inspirado en el de una flor, la misma que estará clavada en la tierra.

El sistema deberá monitorear constantemente el entorno, de tal manera que se pueda tener lecturas oportunas de eventuales problemas en el cultivo. El uso de instrumentación obtendrá los datos del medio físico (Temperatura, intensidad luminosa, humedad relativa del suelo), estos datos monitoreados deberás ser procesados mediante un microcontrolador adecuado, mismo que a su vez deberá poder brindar la posibilidad de conexión a internet para el acceso remoto al monitoreo.

Mediante la aplicación móvil, será posible analizar las variables leídas, y así llevar al consumidor información amigable de las acciones pertinentes a tomar con su plantación.

4.1.1. Diseño del Dominio Específico.

Para realizar un diseño mecatrónico en el dominio específico del modelo en V, se plantean 3 dominios: Diseño eléctrico, mecánico e informático.

4.1.2. Diseño Eléctrico.

El diseño en el dominio eléctrico para el presente dispositivo deberá cumplir con las necesidades tanto de obtención y procesamiento de los datos. Los criterios para analizar para la selección e implementación de los dispositivos tecnológicos

están regidos por factores importantes como son: características estáticas y dinámicas de la instrumentación tanto para temperatura, humedad e intensidad luminosa, precio, facilidad de instalación, dimensiones físicas como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Transductores de temperatura

TRANSDUCTORES DE TEMPERATURA	**DISPONIBILIDAD**	**RANGO DE OPERACIÓN ºC**	**LINEALIDAD**	**GRADO DE COMPLEJIDAD DE INSTALACIÓN (1 Fácil – 5 Complejo)**
TERMOCUPLA TIPO J	SI	-180,750	NO	3
RTD PT100	SI	-20,450	SI	2
TERMISTOR NTC 10K	SI	-25, 125	NO	3
INTEGRADO LM35	SI	-55, 150	SI	1

Los transductores tomados en cuenta para la medición de la temperatura fueron seleccionados bajo los criterios citados anteriormente, donde como factor preponderante resaltó por su rango de operación y bajo grado de dificultad en la instalación el circuito integrado LM35 en la tabla 6 se muestra las características de este.

Tabla 6. Caracterización del integrado LM35

LM35	
Principio de funcionamiento	
Circuito integrado sensor de temperatura calibrado con precisión a 1ºC con rango de operación 150ºC	
Caracterización	
Características Estáticas	
Rango de medida	-55 a 150ºC
Voltaje de operación	4V a 30V
Precisión	0.5°C
Linealidad	Lineal
Sensibilidad	+ 10-mV/°C

No linealidad	0.25ºC
Características Dinámicas	
Velocidad de respuesta	0 a 3 minutos



Figura 19. Circuito Integrado Sensor de Temperatura LM35.

Fuente: Stone, 2015

Con relación al transductor de humedad entre las características más importantes están, la disponibilidad, el rango de operación (que refiere al de la humedad relativa del suelo que va desde el 0%, tierra seca, al 100%, tierra totalmente húmeda), y el grado de complejidad en la instalación.

Tabla 7. Transductores de humedad relativa del suelo

TRANSDUCTORES DE HUMEDAD	**DISPONIBILIDAD**	**LINEALIDAD**	**RANGO DE OPERACIÓN EN % RELATIVO DE HUMEDAD**	**GRADO DE COMPLEJIDAD DE INSTALACIÓN (1 Fácil – 5 Complejo)**
HIGRÓMETRO MODULAR YL-69	SI	SI	0,100	1
HIGRÓMETRO TERMÓMETRO Modular AR837	SI	SI	10,99	4
Sensor De Temperatura Humedad Sht10	SI	SI	0,100	2

El módulo YL-69, que cumple las funciones de transductor higrométrico, representa la opción más adecuada para censar humedad del suelo, gracias a su rango de operación y bajo grado de complejidad, además de que sus dimensiones son muy compactas, haciéndolo un sensor apto para la aplicación actual a continuación en la tabla 8 tenemos las características del módulo ya dicho anteriormente.

Tabla 8. Caracterización del módulo higrómetro YL-69

YL-69	
Principio de funcionamiento	
Este sensor resistivo está hecho de dos electrodos por los cuales recorre corriente eléctrica, entre más humedad, menor la resistencia al paso de corriente. Posee salidas análogas y digitales.	
Caracterización	
Características Estáticas	
Voltaje de trabajo	5V
Sensor en tierra seca	0 – 300
Sensor en tierra húmeda	300-700
Sensor en agua	700-950
Linealidad	Lineal
Características Dinámicas	
Velocidad de respuesta	150ms

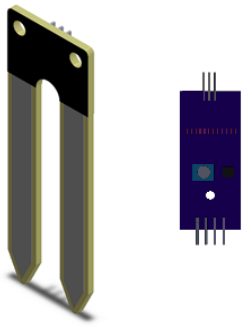


Figura 20. Higrómetro YL-69.

Su característica de linealidad hace que su instalación y tratamiento de señal sea relativamente fácil de implementar al dispositivo. Por otro lado, su velocidad de respuesta brinda una ventaja adicional, la cual es que, al momento de la irrigación, se evite sobrepasar el nivel de humedad óptimo tener la tierra para determinado cultivo, información se podrá obtener de forma casi inmediata, así como también, el momento en que la planta necesite ser regada nuevamente será notificado de manera oportuna.

La intensidad luminosa puede ser cuantificada mediante el uso de una resistencia foto variable, conocida por sus siglas en inglés como LDR (light dependant resistor), cuya resistencia varía dependiendo de la intensidad luminosa.

Tabla 9. Transductores de intensidad luminosa

TRANSDUCTORES DE INTENSIDAD LUMINOSA	**DISPONIBILIDAD**	**LINEALIDAD**	**GRADO DE COMPLEJIDAD DE INSTALACIÓN (1 Fácil – 5 Complejo)**
LDR PGM5506	SI	SI	2
LDR PGM5516	SI	SI	2
LDR PGM5659D	SI	SI	2

Partiendo del hecho de que las diferencias en las características de las resistencias foto variables son irrelevantes para la aplicación actual, se escoge de forma arbitraria el LDR PGM5516 cuya caracterización está detallada en la tabla 10.

Tabla 10. Caracterización del transductor LDR PGM5516

LDR PGM5516	
Principio de funcionamiento	
Varía su resistencia en función a la intensidad de luz	
Caracterización	
Características Estáticas	
Resistencia a 10 Lux	8 a 20K Ohm
Resistencia a 0 Lux	1M Ohm(min)
Gamma a 100-10 Lux	0,7
Disipación de potencia	100mW
Voltaje máximo	150V
Rango de temperatura	-30 a +70 ºC
Características Dinámicas	
Velocidad de respuesta	60 s subida, 25ms bajada

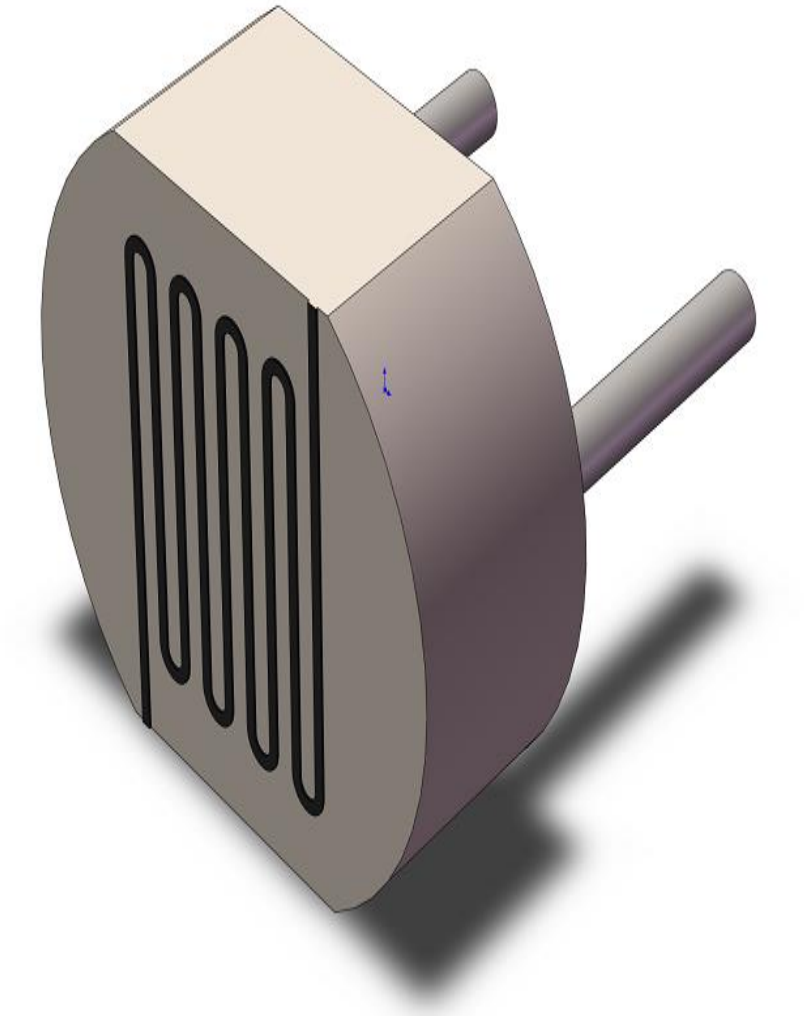


Figura 21. Transductor LDR PGM5516

Fuente: Trinityscsp, 2014

4.2. Diseño de Control.

4.2.1. Desarrollo de la Aplicación en Arduino.

La aplicación Arduino tiene como objetivo principal recolectar los datos de los sensores de temperatura, humedad en suelo y luminosidad y enviar por GET los parámetros a la aplicación web, esta se encarga de insertar estos valores en la base de datos central de la plataforma. A continuación, mostramos las principales funciones de esta.

4.2.2. Funciones Arduino.

La Figura 22 muestra los parámetros que se configuraron en la aplicación para su funcionamiento. Aquí se asignó una IP estática a la placa en un rango de IP

válido para la red que se usó en el desarrollo del proyecto. También se inicializan las variables que serán enviadas a la aplicación web.

```
//CONFIGURACION
/////////////////////////////////////////////////////////////////////

//defino ip o dominio donde esta el server que voy a conectar
byte ip[] = { 192, 168, 0, 110 };
byte server[] = { 192, 168, 0, 50 };
// defino mac del arduino
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

EthernetClient client;

char inString[32];
int stringPos = 0;
boolean startRead = false;
boolean conectado = false;

// VALOR DE TEMP LM35
int valTemp ;
//  VALOR FOTOCELDA
int valLuz ;
// VALOR HUMEDAD EN SUELO
int valHum;
// IDE DE LA MACETA
int idPlanta = 1;

/////////////////////////////////////////////////////////////////////
```

Figura 22. Código de configuración de la aplicación Arduino.

La Figura 23 muestra la función encargada de conectarse a la aplicación web y enviar la cadena de valores obtenidos de los sensores. Este envío de datos se realizará cada 30 minutos como un tiempo normal para revisar la planta, incluso demasiado tiempo de revisión de la planta.

```
String connectAndRead(String location){
  //connect to the server

  Serial.println("Contectando...");

  //port 80 is typical of a www page
  if (client.connect(server, 3011)) {

    Serial.println("Conectado");
    client.print("GET ");
    client.print(location);
    client.println();

    //Connected - Read the page
    //return readPage(); //go and read the output
    return location;
  }else{
    return  "Falla de Conexión";
  }


}
```

Figura 23. Función encargada de conectar a la aplicación web.

Para la temperatura se creó una función en la cual recoge los datos del sensor y los envía a la base datos la cual se muestra en la figura 24.

```
int Temperatura()
{
  int val = analogRead(A10);
  float mv = (val/1024.0)*5000;
  float cel = mv/10;
  //float cel = (5.0 * val * 100.0)/1024.0;
  return cel;
}
```

Figura 24. Función encargada de recolectar datos de temperatura

Así como se hizo una función para la temperatura tenemos una función para la luz que recibe cada planta que en este caso también será adquirido por medio del sensor de luminosidad de acuerdo con el siguiente código de la figura 25.

```
int Luz()
{

  int val = analogRead(A11) ;

  return val;
}
```

Figura 25. Función encargada de recolectar datos de luminosidad de cada planta.

Para la humedad se implementó otra función, la cual solo recoge los datos que son enviados por el sensor de acuerdo como se muestra en la figura 26.

```
int Humedad()
{

  int val = analogRead(A12);

  return val;
}
```

Figura 26. Función encargada de recolectar datos de la humedad que tiene la planta en ese instante.

Todos los conjuntos y métodos del código de la aplicación Arduino y la implementación de éste están disponibles en los anexos de este proyecto.

4.2.3. Ethernet.

Para la conexión del Ethernet en el Arduino primeramente se definió el ip o dominio donde está el server que voy a conectar, después se localizó el servicio web en el servidor y por último se definió el Mac del Arduino por el cual se pasaran los datos que mandan todos los sensores como se muestra en la figura 27.

```
//defino ip o dominio donde está el server que voy a conectar
byte ip[] = { 192, 168, 0, 150 };
byte server[] = { 186, 71, 179, 29 };
// defino mac del arduino
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };

//////////////////////////////////////////////////////////////////

EthernetClient client;
```

Figura 27. Conexión al servidor.

4.2.4. Adquisición de datos.

Para la selección del controlador, se ha tomado en cuenta varios modelos de distintas marcas existentes en el mercado, las características con las que debe contar el mismo son, entre otras, la capacidad de conectarse a internet mediante Ethernet, ser compatible con la tecnología de los sensores escogidos, poseer cierta robustez y usar software libre.

Tabla 11. Controladores de datos

CONTROLADOR	MODELO	VELOCIDAD DEL PROCESADOR	SOPORTA MÓDULOS ETHERNET	GRADO DE COMPLEJIDAD DE LA INSTALACIÓN	SOFTWARE LIBRE
MICROCHIP	16f877a	4MHz	NO	3	NO
	16f628a	4MHz	NO	3	NO
ATMEL	Atmega328p	8MHz	NO	3	NO
	Atmega164p	8MHz	NO	3	NO
ARDUINO	Mega 2560	16MHz	SI	1	SI
	Uno	16MHz	NO	1	SI

El uso de software libre, y sus características de compatibilidad tanto con los sensores como con módulos Ethernet, destaca al ARDUINO MEGA 2650 como la mejor opción a considerar para el diseño. Tienes más entradas y salidas poder controlar más cosas como se muestra en la figura 28.



Figura 28. Arduino Mega 2560

Fuente: Witham, 2014

4.3. Diseño Informático.

4.3.1. Red.

En cumplimiento con los requerimientos, el monitoreo debe estar conectado a internet, de tal manera que, los datos captados por el dispositivo sean procesados, direccionados, y recibidos por el usuario en su dispositivo móvil.

Para el mencionado propósito de conexión remota, el dispositivo de monitorización se conectará al router, el mismo que direccionará la información al servidor de internet para que los datos del monitoreo sean almacenados en la nube, una vez allí, la información podrá ser accedida mediante la aplicación de monitoreo del teléfono móvil como se muestra en la figura 29.

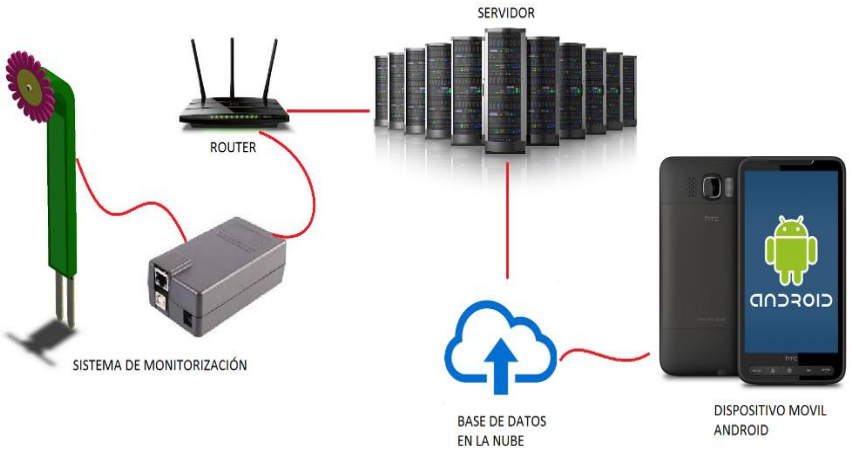


Figura 29. Ruta de la información.

4.3.2. Comunicación.

Para la comunicación se observó que había diferentes vías para poder recibir los datos y para poder manejarlos, los cuales deberán tener una facilidad y una rapidez para actuar de la manera correspondiente y tomar las medidas necesarias según sea el caso que se tenga.

Tabla 13. Tipos de vía de comunicación**.**

Vía de comunicación	**Nivel de seguridad**	**Inalámbrico**	**Interferencias**	**Dificultad de instalación**
Ethernet shield	Alto	No	Baja	1
Wifi	Bajo	Si	Alta	6
Bluetooth	Bajo	Si	Baja	3

Sin duda hemos escogido Ethernet Shield puesto a que tiene mayores ventajas como la velocidad de conexión y como se recibe los datos, no tendremos perdidas de datos como nos puede ocurrir con una comunicación wifi, no tiene ninguna interferencia de ningún otro canal puesto a que es una comunicación cableada, También podemos recalcar en la seguridad del Ethernet Shield, es menos vulnerable a un ataque que las otras vías de comunicación, a continuación se verá como es el dispositivo en la figura 30.



Figura 30. Ethernet Shield.

Fuente: Witham, 2014

4.3.3. Tipo de Red.

Para la conexión de la red se puso a consideración la manera más práctica de conexión para que funcione correctamente y que tenga mayor eficacia a la hora de manejar los datos y tener una buena comunicación entre todos los dispositivos que se pongan en esta conexión, también se vio la forma de comunicación entre los dispositivos con cuál de las redes tuvo mayor conveniencia.

Tabla 14. Tipos de red

Tipo de red	**Ruido de señal**	**Probabilidad de fallo**	**Red centralizada**	**Facilidad de conexión**
Token	Bajo	Alto	No	3
Estrella	Alto	Bajo	Si	7

Para el sistema se escogió la red estrella porque es más factible para poder tener un servidor y se puede re direccionar los datos al computador adecuado sin que pase por los demás, una ventaja de utilizar este tipo de red es que si falla algún equipo la red no se cae, y puede seguir funcionando correctamente, en cambio la red token es más propensa a un daño fatal, este tipo de red se puede dañar cualquier equipo y se cae toda la red tal y como se muestra en la figura 31.

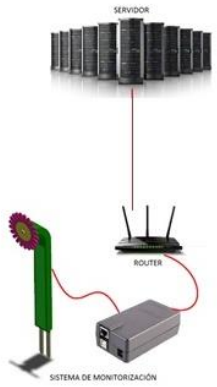


Figura 31. Red Estrella.

4.3.4. Servicios Web.

Para tener en claro, los servicios web son un conjunto de aplicaciones que son capaces de comunicarse entre sí, así estén echas en diferentes tipos de lenguajes, esta comunicación se podría decir que es un intercambio de datos con otro servicio web, los servicios web utilizan XML el cual es un tipo de lenguaje, en si los servicios web permiten la facilidad de transmisión de datos entre distintos softwares. Para una buena práctica se buscó una variedad de servicios web los cuales tenían un grado de dificultad, pero entre ellos se destacó algunos que son de mayor uso, el cual tenga la funcionalidad de cliente- servidor.

Tabla 15. Tipos de servicio web

Servicios web	**Acoplamiento entre componentes**	**Protocolo post**	**Ws security**	**Recursos para operaciones**
Soap	Alto	Si	Si	Bajo
Rest	Bajo	No	No	Alto

Para nuestro sistema se utilizó SOAP, este servicio web permite facilitar el diseño del sistema, también nos permite utilizar lenguajes de alto nivel para implementar al servicio, aunque el servicio web SOAP puede ser más complicado de implementarlo este tiene varias ventajas que el otro servicio web no nos puede brindar.

4.3.5. Gestor de Base de Datos.

Para la base de datos buscamos uno que tenga menor complejidad en la hora de implementar al código y también que sea una base de datos de libre uso, es muy importante a la hora de la programación tener en cuenta cual base se va a implementar.

Existen diferentes tipos de base datos, pero para mayor facilidad y adelantándose hacia el futuro se buscó algunas bases que puedan receptar mayor volumen de datos.

Tabla 16. Tipos de bases de datos

Base de datos	Multiplataforma	De uso libre	Facilidad de instalación
Postgresql	Si	Si	6
Sql server	No	Si	3
Oracle	Si	No	3

Para el sistema se escogió POSTGRESQL puesto a que es una de las mejores bases de datos, en cuestión de código e implementación de esta es más fácil y cómoda por así decirlo, también un buen punto a su favor es que es un software de uso libre y no requiere ningún tipo de pago. Para el programa también se buscó que sea multiplataforma, puesto que para un futuro se puede tener el programa en más plataformas que nos podrían servir de una mejor manera.

4.3.6. Lenguajes de Programación.

Para el desarrollo de la aplicación se tuvo en cuenta un lenguaje de programación que este a la medida para las especificaciones que se tenía, entonces se buscó un lenguaje que esté acorde a todos los dispositivos y que se pueda manejar de una manera eficaz.

Se buscó que se pueda configurar adecuadamente todos nuestros dispositivos y que no tengan ningún tipo de error a la hora de la ejecución y compilación.

Tabla 17. Tipos de lenguaje de programación

Lenguaje de programación	Facilidad de código	Open source	Facilidad de conexión a base de datos
Asp.net c #	Alto	Si	Alto
Jsp java	Bajo	Si	Bajo
Php	Alto	Si	Bajo

Es así como ASP.NET C# fue la mejor opción puesto a que es un código fácil de utilizarlo y es de código abierto, lo que quiere decir que es un software que es desarrollado libremente y más se enfoca en beneficios prácticos.

También es un lenguaje que se acomoda e implementa cada vez mejor puesto a que lo van actualizando constantemente, a diferencia de Java es más fácil a la hora de escribir un método.

4.3.7. Desarrollo de la APP Móvil.

Para el desarrollo de la APP móvil existen diferentes tipos de plataformas que se acomodan de acuerdo con las funcionalidades que se le quiera dar al programa, para ello buscamos uno que se pueda manejar eficazmente, y que tenga mayor gama de funciones para poder hacerlo de una manera correcta y concisa, veremos a continuación los tipos de desarrolladores móviles en la tabla 18.

Tabla 18. Tipos de desarrolladores móviles

Desarrolladores	**Multiplataforma**	**Facilidad de código**
Java Aplicativo Móvil Android	SI	Alto
Monodeveloper	Si	Bajo

Básicamente fue elegido Java Aplicativo Móvil Android puesto a que Android de maneja con java y es una de las ventajas puesto a que tiene un código más entendible y se puede manipular más fácilmente las funciones y los parámetros que se quieran manejar.

Es así como Java Aplicativo Móvil Android es una de las mejores opciones para desarrollar una aplicación móvil para Android y en nuestro caso será la mejor opción para poder relacionar todos los sensores y nuestro dispositivo Arduino para la recepción de todos los datos posibles.

4.4. Diseño Electrónico.

4.4.1. Hardware.

En la figura 32 se muestra la conexión del circuito encargado de realizar la adquisición de todos los datos como de temperatura, humedad en suelo y luminosidad.

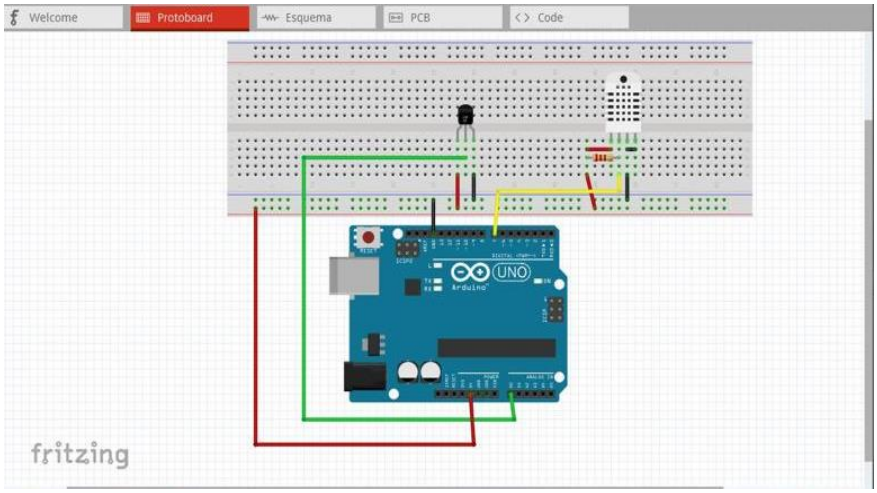


Figura 32. Conexión de Sensores a Arduino.

En la Tabla 19 se muestran los rangos de lectura de cada uno de estos sensores los cuales son enviados por Arduino al servicio web para su interpretación y presentación al usuario el cual tomara las medidas necesarias para cambiar dicho estado o rango el cual se presenta por algún tipo de cambio en el ecosistema de la maceta en la que se sitúa la planta junto con todos los sensores que han sido expuestos anteriormente.

Estos datos son los que el Arduino tiene que receptar para poder mandar al usuario de una manera correcta y eficaz.

Tabla 19. Rangos de lectura de sensores

Sensores	Rangos de Lectura	
	Mínimo	**Máximo**
Sensor de humedad en Tierra (HL-69)	0	1023
Sensor de Temperatura (LM35)	-55 °C	150 °C
Sensor de Luminosidad (Fotocelda)	0	1023

El Arduino en este caso nos servirá como una tarjeta que recibe los datos y los envía al servidor para poder mandar alertas de todo lo que esté sucediendo con la planta.

Para el proyecto no se necesitó ninguna fuente externa que esté conectada a ella, es por esto que se tuvo que poner en consideración unas baterías de litio

las cuales funcionaran por algunos días, a continuación, realizamos el cálculo de cuantos días nos durara.

Tabla 20. Consumo de energía

Implementos	**Energía que consume**
Sensor de luz	20mah
Sensor de temperatura	20mah
Sensor de humedad	20mah
Placa Arduino	40mah
Energía consumida	100mah

La batería que se va a utilizar es la de 5000mA la cual se hará el respectivo cálculo para saber cuántos días nos durará la batería.
5000mA/100mah=50.

4.5. Desarrollo de Solución Web.

Esta aplicación se desarrolló en capas esta es una técnica de programación que mapea una base de datos relacional a una serie de objetos que pueden ser manipulados desde C# como lenguaje de programación. Lo que se persigue con esto es facilitar y automatizar el proceso de desarrollo manual e implementar todos los métodos y funcionalidades.

Para ello se creó una solución nombrada MacetaArduino en la figura 33 se muestra claramente como esta echo la estructura del proyecto. Aquí se puede apreciar dentro de la solución tres proyectos (Datos, Negocio, Presentación). A continuación, explicamos cada uno de ellos.

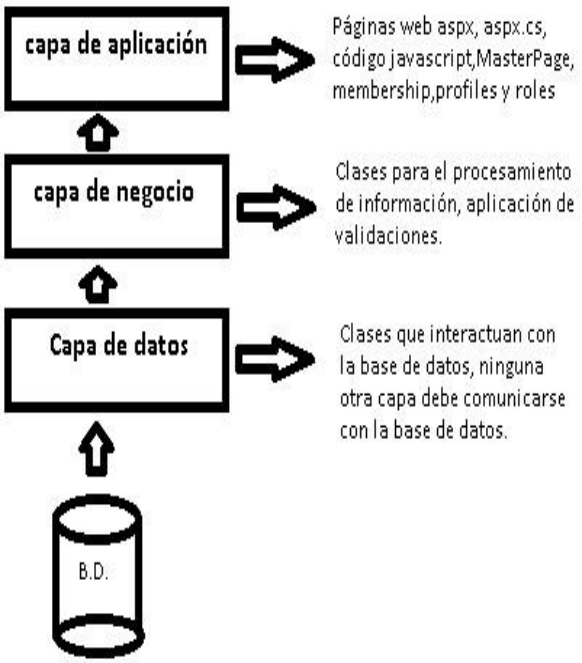


Figura 33. Estructura de la Solución MacetaArduino.

4.5.1. Proyecto Datos.

El proyecto Datos es un proyecto de tipo Biblioteca de Clases y dentro de la solución es la capa de datos que se encarga de interactuar directamente con la base de datos diseñada en Postgresql. En la Figura 34 se muestra la estructura del proyecto.

Debemos señalar que para la conexión a la base de datos se usa la librería Npgsql la cual es de código abierto. En los anexos de este proyecto podremos encontrar todo el código de este proyecto.

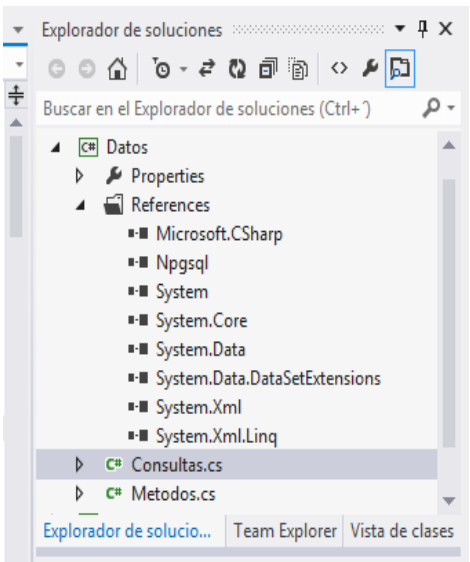


Figura 34. Estructura Proyecto Datos.

4.5.2. Proyecto Negocios.

Este proyecto es también una Biblioteca de Clases y como su nombre lo indica es la encargada de “negociar” el flujo de datos entre la capa superior (presentación) y la capa de datos. Este proyecto se encarga específicamente de recibir peticiones de la capa presentación, enviarla a la capa de Datos. Luego retorna el resultado a través de ella.

Para lograr la integración con el proyecto de Datos como se muestra en la Figura 35 en el apartado referencia se encuentra una entrada a al proyecto Datos.

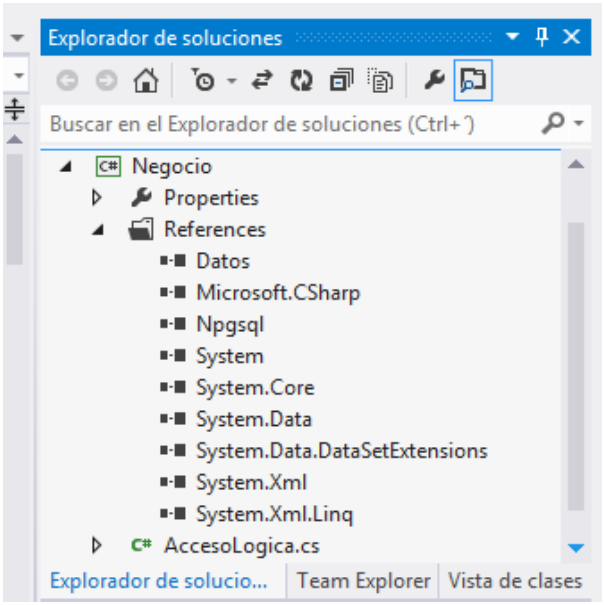


Figura 35. Estructura Proyecto Negocio.

4.5.3. Proyecto Presentación.

Este proyecto es de tipo Aplicación Web como su nombre lo indica es la parte visible del proyecto, desde aquí el usuario puede interactuar con el sistema enviado solicitudes a la capa de negocio a través de formularios web (Web Form). A continuación, explicamos las funcionalidades de esta aplicación web.

4.5.3.1. Inicio Sesión (LOGIN)

Se implementó en la solución para lograr una mejor seguridad un formulario que controla el acceso según el rol de usuario asignado. Debemos señalar que se podrá ingresar al sistema desde cualquier dispositivo con navegación web. Este formulario de Login se muestra en la Figura 36.

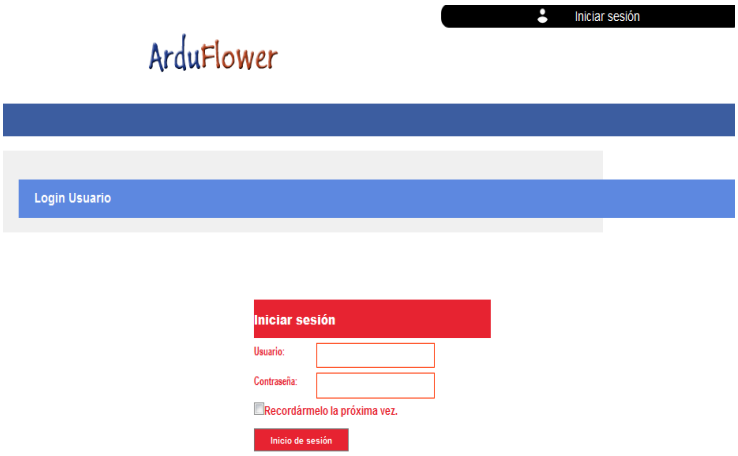


Figura 36. Formulario Login.

4.5.4. Gestión de Usuarios, Roles y Permisos.

Para mantener un control de quienes pueden acceder a la aplicación web se implementó la creación de usuarios, roles de usuarios y permisos para roles.

Los cuales harán que el programa se maneje de una mejor manera la información y que cada usuario tenga solo los permisos necesarios para cierta información y no para toda ella.

En la Figura 37 vemos del formulario de creación de usuarios del sistema en cual será una de las páginas más primordiales para tener un control óptimo y tener mucha coordinación a la hora de tener varios usuarios que manejaran el sistema en diferentes tipos de móviles.

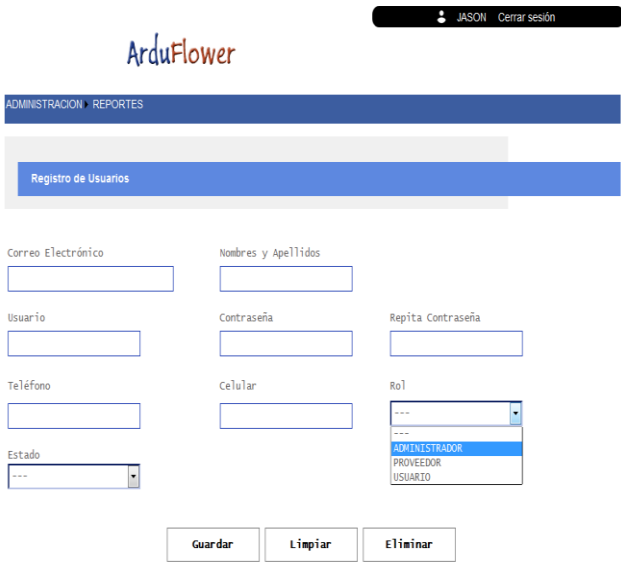


Figura 37. Formulario de creación de usuarios.

4.5.5. Formulario Web con Parámetros.

Se implementó un formulario web llamado RegistroLecturas.aspx. Este se encarga de recibir las lecturas enviadas por la placa Arduino a través de la red e insertarlos en la base de datos centrar de la aplicación. En la Figura 38 se muestra la función principal de esta página que se encarga de insertar los parámetros contenidos en la URL enviada la cual tendrá una lectura y se verá los datos que correspondan a la misma.

```
45          public void llenarLectura(double _humedad, double _temperatura, double _luminosidad, int
    _Id)
46          {
47                      string datos = _Id+ "?" + _temperatura + "?"   + _luminosidad + "?"
+_humedad  ;
48                      string columnas = "_Id?_temperatura?_luminosidad?_humedad";
49                      string tipodatos = "NpgsqlDbType.Integer?NpgsqlDbType.Numeric?
NpgsqlDbType.Numeric?NpgsqlDbType.Numeric";
50
51                      try
52                      {
53
54                          int resul = AccesoLogica.Insert(datos, columnas, tipodatos,
"ins_lecturas");
55                          if (resul < 0)
56                          {
57                              lblStatus.Text = "Insertamos :" + _Id + " " + _humedad + " " +
_temperatura + " " + _luminosidad;
58                          }
59
60                      }
61                      catch (Exception Ex)
62                      {
63                          Response.Write(Ex.Message);
64                      }
65
66
67          }
68      }
```

Figura 38. Función encargada de insertar las lecturas.

4.5.6. Formulario Web con Gráfico de Lecturas.

Una vez que el usuario se registra en la aplicación web esta le reenvía a un formulario de bienvenida. Este formulario muestra en tiempo real unos gráficos con las lecturas realizadas por los sensores. Como se muestra en la Figura 39 se muestra los gráficos de los valores de humedad, temperatura y luminosidad.

Para estos gráficos se toman las últimas doce lecturas enviadas por la placa Arduino.

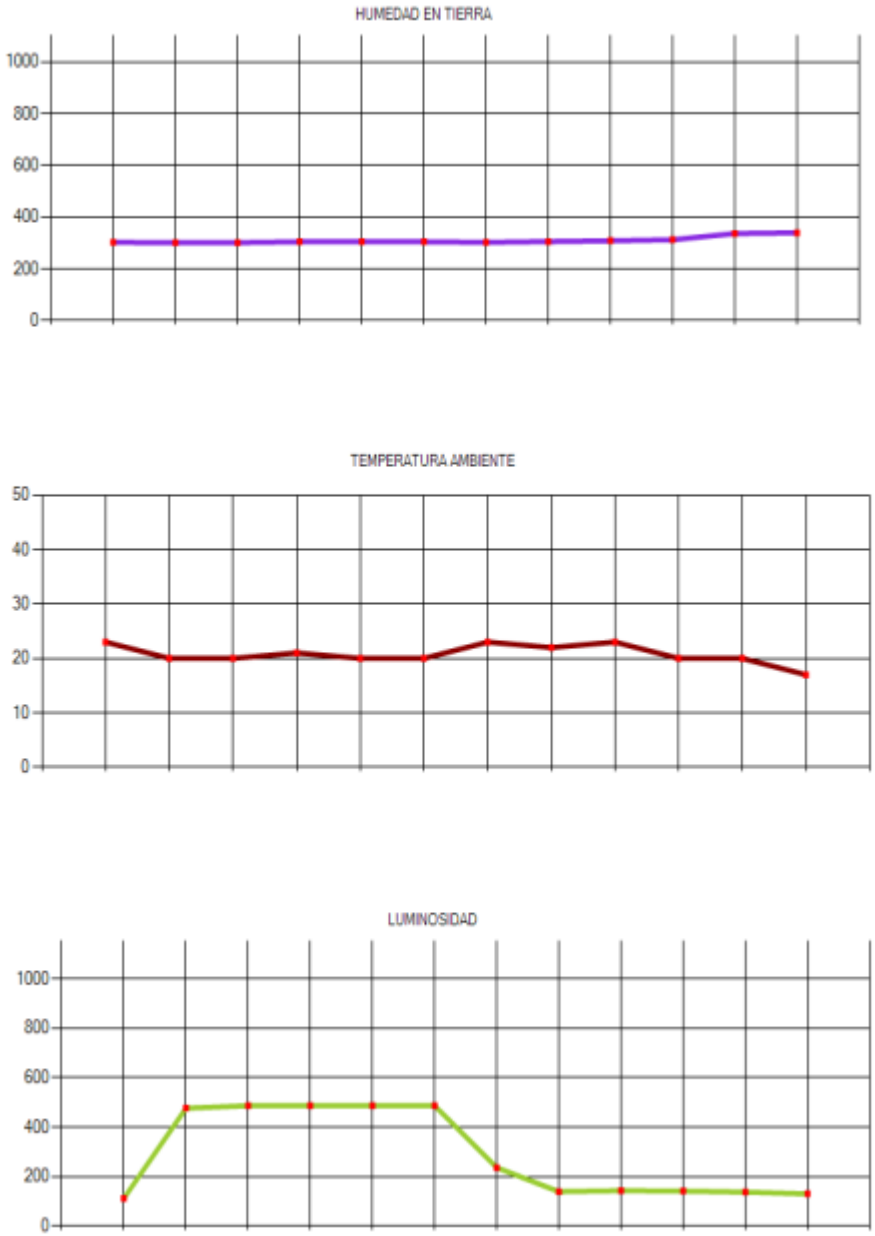


Figura 39. Gráficos de lecturas realizadas con Arduino.

4.5.7. Servicios Web.

Un servicio Web es un conjunto de aplicaciones o tecnologías con capacidad de interoperar en la Web. Esta tecnología intercambia datos entre ellas con el fin de ofrecer unos servicios.

La World Wide Web no es sólo un espacio de información, también es un espacio de interacción. Utilizando la Web como plataforma, los usuarios, de forma

remota, pueden solicitar un servicio que algún proveedor ofrezca en la red. Pero para que esta interacción funcione.

Este proyecto usa un servicio web para intercambiar información con una aplicación desarrollada para dispositivos móviles con Android.

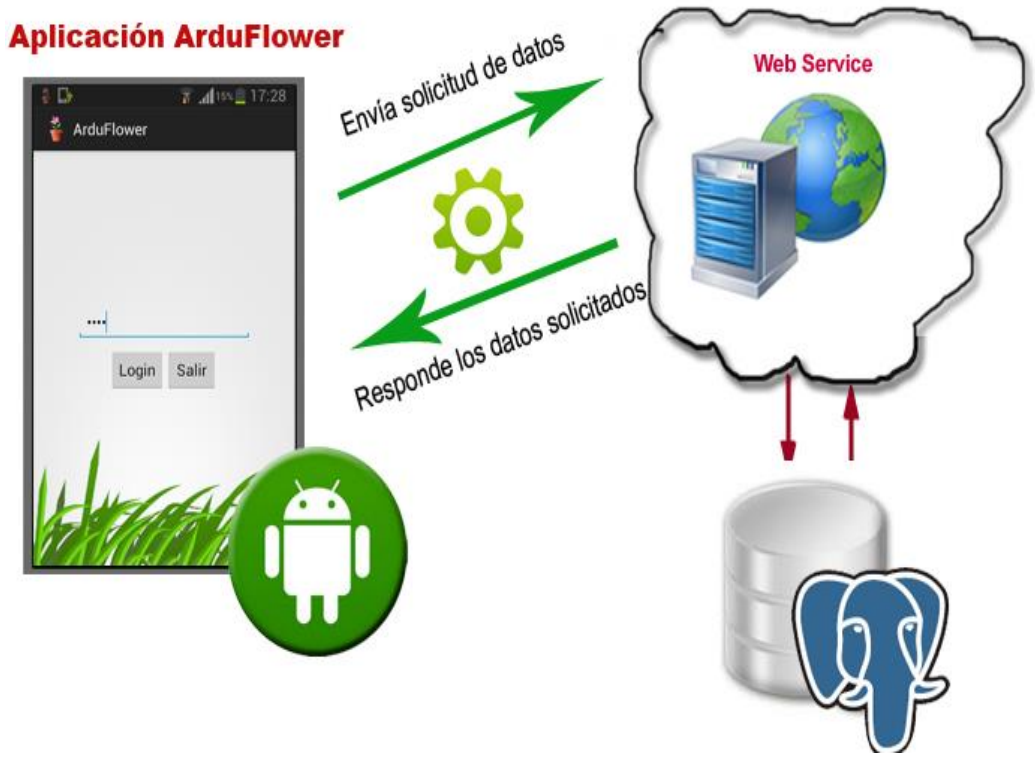


Figura 40. Funcionamiento de un Servicio Web

Este servicio específicamente se encarga de responder las solicitudes realizadas por la aplicación móvil un ejemplo visible de esto es la Figura 40 donde podemos apreciar la pantalla de Login de la aplicación. El dispositivo envía una petición con las credenciales de acceso al servicio web y este le responde de según los datos enviados.

4.6. Diseño de la Base de Datos Central.

Luego de un análisis conceptual de los datos se diseñó una base de datos modelo entidad-interrelación nombrada maceta. A continuación, explicamos cada una de las tablas creadas:

- usuarios: Esta tabla es la encargada de almacenar todos los usuarios que existen en el sistema.

- rol: En esta tabla se guardan los roles de usuarios del sistema (Administrador, Usuarios, etc.).
- permisos_rol: Cada rol de usuarios del sistema tiene permisos limitados para ello se utiliza esta tabla que es donde se almacenan estos permisos.
- formularios: Los formularios son aquellas páginas que se usan para administrar la plataforma. En esta tabla se registran el nombre y ubicación de cada uno de ellos.
- plantas: esta tabla es la encargada de almacenar el nombre de la maceta y desde aquí se relaciona a un grupo determinado que puede ser formado por especies de plantas.
- grupos_plantas: Los grupos de plantas no son más que las especies o tipos de plantas, cada una de ellas se guardan en esta tabla.
- Lecturas: Cada dato enviado por los sensores al servicio web a través de la placa Arduino son almacenados en esta tabla.
- rangos_temperatura: Esta tabla es la encargada de guardar los rangos de temperaturas según el sensor que se usa. Esto no es más que una interpretación de los valores enviados por el sensor de temperatura.
- rangos_humedad: Aquí se almacenan lo que se considera seco, húmedo, en agua según los valores enviados por el sensor.

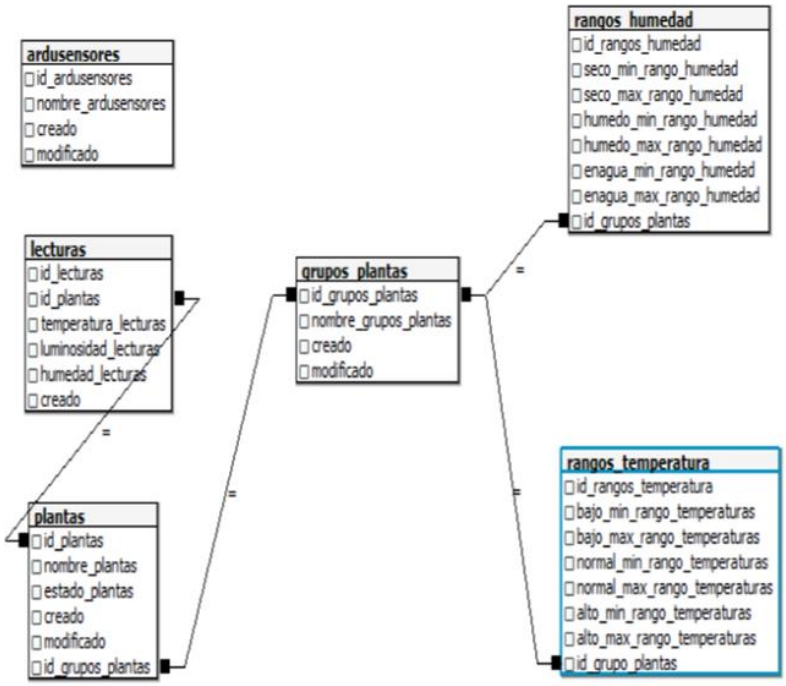


Figura 41. Relación de datos.

Para la concurrencia de datos se fijó que cada hora se envíen los datos de cada planta, puesto a que no es necesario que mande constantemente, en si las plantas necesitan diferentes cuidados, es por eso que se les puede agrupar de una manera que se vea como cuidar cada grupo de una diferente manera, también es una buena práctica hacerlo solo cada hora, puesto a que se desperdicia menos cantidad de energía y se guarda mucho más espacio en la base de datos la cual tendrá solo las horas puntuales en las que se programó que de avisos o en este caso alertas.

Para la base de datos como ya sabemos se eligió POSTGRESQL en el cual los datos guardamos a través de Stored Procedures.

Para tener más conocimiento del mismo tema dejamos en claro el código en donde se hace la lectura del estado de las plantas.

```
-- Function: ins_lecturas(integer, numeric, numeric, numeric)
-- DROP FUNCTION ins_lecturas(integer, numeric, numeric, numeric);
CREATE OR REPLACE FUNCTION ins_lecturas(_id_plantas integer, _temperatura_lecturas numeric,
_luminosidad_lecturas numeric, _humedad_lecturas numeric)
  RETURNS integer AS
$BODY$
DECLARE
  BEGIN
                    INSERT INTO lecturas(
                              id_plantas,
                              temperatura_lecturas ,
                              luminosidad_lecturas,
                              humedad_lecturas
                              )
                    VALUES (
                              _id_plantas,
                              _temperatura_lecturas ,
                              _luminosidad_lecturas,
                              _humedad_lecturas );
                    RETURN 1;
  END;
$BODY$
  LANGUAGE plpgsql VOLATILE
  COST 100;
ALTER FUNCTION ins_lecturas(integer, numeric, numeric, numeric)
  OWNER TO postgres;
```

Figura 42. Lectura de los datos de las plantas.

4.7. Desarrollo de la Solución Móvil.

Se creó una aplicación móvil para dispositivos con sistema Android 4 o superior. Esta aplicación mantiene informado al usuario de los cambios ocurridos en el ambiente en que se encuentra la planta. A continuación, mostramos las principales funcionalidades de esta App.

4.7.1. Login Mediante Pin.

Para evitar el acceso de personas no autorizadas a la aplicación se implementó un registro de usuario mediante un PIN de cuatro dígitos. En la Figura 43 vemos la captura de esta pantalla.

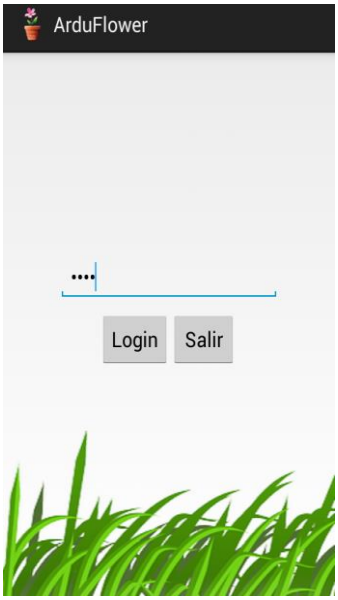


Figura 43. Formulario Login App ArduFlower.

4.7.2. Monitorización en tiempo real del ambiente de la planta.

Desde la aplicación móvil también es posible estar informado del comportamiento del ambiente alrededor de la planta esto es posible mediante gráficos, lo cual ayudará a ver el estado del clima y la planta lo cual será beneficioso para saber si falta alguno de los factores que estamos controlando. Ver Figura 44.

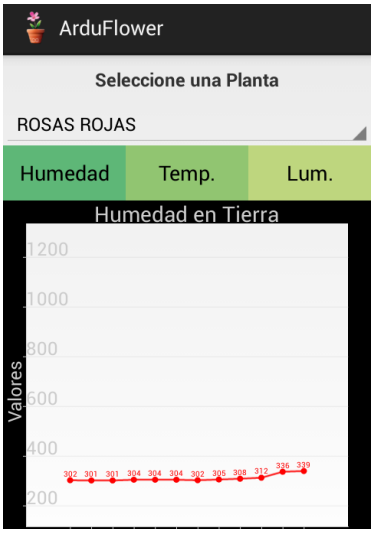


Figura 44. Gráfica de humedad en tierra.

Como podemos apreciar son graficados los valores enviados en tiempo real por la placa Arduino a la aplicación web.

También es posible generar gráficos de temperatura ambiente y luminosidad.

4.7.3. Notificaciones PUSH.

Una de las funciones principales que brinda este proyecto es el de alertar al usuario cualquier cambio en el ambiente en que se encuentra la maceta. Es por ello que se implementó una función en la aplicación móvil que le permite informar al usuario cada vez que ocurra un evento que pueda interferir con el desarrollo de la planta. En la Figura 45 vemos una notificación o como también se conoce una alerta, enviada al usuario haciendo referencia a un nivel bajo de agua en la planta.

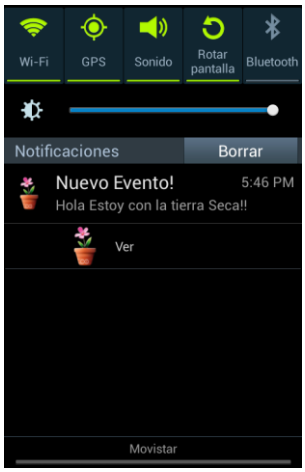


Figura 45. Notificación Push de la aplicación ArduFlower.

Para tener más en claro cómo funciona el aplicativo móvil se pone en consideración una parte esencial del código.

```
public void llenarSpinnerPlantas() {
        String nombre_plantas = "";
        //Toast.makeText(getApplicationContext(), "Hola", Toast.LENGTH_LONG).show();
         ///envio al servicio
        accionSoap = "http://tempuri.org/Plantas";
        metodo = "Plantas";
        request = new SoapObject(namespace, metodo);
         envelope = new SoapSerializationEnvelope(SoapEnvelope.VER11);
         envelope.dotNet = true;
         envelope.setOutputSoapObject(request);
         HttpTransportSE transporte = new HttpTransportSE(url);
         try
         {
                transporte.debug = true;
                transporte.call(accionSoap, envelope);
                SoapObject resSoap =(SoapObject)envelope.getResponse();
                int nPropiedades = resSoap.getPropertyCount();
                if (nPropiedades > 0)
                {
                        for (int i = 0; i < nPropiedades; i++)
{
                                SoapObject ic = (SoapObject)resSoap.getProperty(i);
                                nombre_plantas =  ic.getProperty("_nombre_plantas").toString();
                                Lista_nombre_plantas.add(nombre_plantas);
                                Log.i("Resultado", nombre_plantas);
}
                        ArrayAdapter<String> adapter_nombrePlantas = new ArrayAdapter<String>
            (GraficoActivity.this, android.R.layout.simple_spinner_item, Lista_nombre_plantas);
                        spinPlantas.setAdapter(adapter_nombrePlantas);
                }
                else
                {
                        Toast.makeText(getApplicationContext(), "No Existen Plantas Creadas", Toast.LENGTH_LONG).show();

                }
        }
        catch(Exception ex)
        {
                 Log.e("Error en LlenarPlantas", ex.toString());
        }
}
```

Figura 46. Llenar plantas método.

4.8. Prueba de Lectura de los Sensores.

Se realizó una prueba de las lecturas obtenida por la placa Arduino y los sensores de humedad en tierra, temperatura y luminosidad. Para esto usamos el monitor serial incluido en el IDE Arduino. La Figura 47 muestra el resultado obtenido.

```
Conectado
/servicioweb/RegistroLecturas.aspx?Humedad=651&Temperatura=39&Luminosidad=0&Id=1 HTTP/1.1
Humedad Tierra:
648
Temperatura:
18
Luminosidad:
635
Contectando...
Conectado
/servicioweb/RegistroLecturas.aspx?Humedad=648&Temperatura=18&Luminosidad=635&Id=1 HTTP/1.1
Humedad Tierra:
645
Temperatura:
17
Luminosidad:
64
Contectando...
Conectado
/servicioweb/RegistroLecturas.aspx?Humedad=645&Temperatura=17&Luminosidad=64&Id=1 HTTP/1.1
Humedad Tierra:
646
Temperatura:
18
Luminosidad:
636
Contectando...
Conectado
/servicioweb/RegistroLecturas.aspx?Humedad=646&Temperatura=18&Luminosidad=636&Id=1 HTTP/1.1
```

Figura 47. Resultados de las lecturas obtenidas por la aplicación Arduino.

5. Conclusiones y Recomendaciones.

5.1. Conclusiones.

- Se construyó un prototipo capaz de recolectar la información proveniente de los sensores de humedad, temperatura y luminosidad a través de una placa Arduino para poder tener en cuenta todos los factores que la planta está teniendo en su ecosistema y poder controlarla de una mejor manera para que pueda tener su crecimiento optimo y poderla mantener.
- Se conectó mediante un servicio web una base de datos y una placa Arduino usando protocolo TCP/IP.
- Toda la información generada fue guardada en la base de datos de la aplicación para tener constancia de todos los datos que van cambiando a lo largo de la vida de esta.
- Mediante una aplicación móvil para dispositivos Android fue posible recibir y graficar toda la información almacenada en la base de datos y dar alertas las cuales decían todos los signos que pueden afectar a la planta.
- Durante el desarrollo del aplicativo y la construcción del prototipo pude observar que puede ser mejorado de una manera increíble ya que se podría realizar con una red GSM la cual sería una aplicación a nivel WAN (World Area Network).

5.2. Recomendaciones.

- Si bien el este proyecto está desarrollado para plantas que se encuentran en macetas también puede usarse en plantas que se encuentren en su habitad natural.
- Aunque la aplicación móvil ha sido desarrollada para dispositivos con Android. También es posible crear un desarrollo para dispositivos móviles con iOS y Windows Phone.
- Para el correcto funcionamiento del aplicativo desde fuera de la red local es necesario se dirija desde el router central de la red a la IP y puerto privados donde se encuentra alojada la aplicación web.
- Una de las recomendaciones mas importantes en este proyecto es sugerir que exista una materia la cual nos enseñen el uso del dispositivo Arduino ya que es una herramienta muy útil del cual podemos desarrollar muchos aplicativos.

6. Bibliografía.

- Industries, A. (2019). SHT-10 Mesh-protected Weather-proof Temperature/Humidity Sensor. Adafruit.com. Retrieved 4 May 2019, from https://www.adafruit.com/product/1298
- Anon (2019). *Engineering.nyu.edu*. Retrieved 10 April 2019, from http://engineering.nyu.edu/mechatronics/Control_Lab/bck/VKapila/Intro2EngLect/Lec3-Intro2Mechatronics.pdf
- ¿Qué es Arduino? ~ Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos. (2019). Arduino.cl - Plataforma Open Source para el desarrollo de prototipos electrónicos. Retrieved 10 June 2019, from http://arduino.cl/que-es-arduino/
- Biblioteca.org.ar. Retrieved 15 March 2019, from http://www.biblioteca.org.ar/libros/211376.
- CABALLERO, J. (1997). *Redes de banda ancha.* Marcombo.
- CAYSSIALS, R. (2014). *Sistemas Embebidos FPGA.* Marcombo.
- Roaming - Qué es y Definición 2019. (2016). Concepto de - Definición de. Retrieved 1 May 2019, from https://conceptodefinicion.de/roaming/
- COSCO, J. (2008). Controles Eléctricos y Automatización. Lima, Perú.
- Dolores, G. (1998). *El cuidado de las plantas de interiores.* Imaginador.
- devteam, e. (2019). La clasificación de la basura - Recursos educ.ar. https://www.educ.ar. Retrieved 22 november 2019, from https://www.educ.ar/recursos/14335/la-clasificacion-de-la-basuraeju!
- Pereyra, O. (2013). Google Maps para iOS se actualiza y Apple sigue sin mejorar sus Mapas. eju.tv. Retrieved 15 January 2019, from http://eju.tv/2013/03/google-maps-para-ios-se-actualiza-y-apple-sigue-sin-mejorar-sus-mapas/
- elblogverde. (2010). Retrieved from http://elblogverde.com/tipos-riego/
- Evert, P. H. (1992). *Biología de las plantas.* España: Reverté.
- FRETES, F. (2010). *Plantas Medicinales y Aromáticas.* USAID.
- GADOR. (2015). *Plantas de Interiores y Decoración.* Gador S.A.
- Gov, U. (2008). *Guía Verde para el cuidado de Jardines.* Texas.

- Ecuadorencifras.gob.ec. Retrieved 22 November 2018, from http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sitios/sitio_verde/boletin.pdf
- EMF - Explicación sobre redes móviles - NIVEL 1. (2019). Emfexplained.info. Retrieved 22 May 2019, from http://www.emfexplained.info/spa/?ID=25195
- Ingenieure, V. (2004). *Design methodology for mechatronic systems.* Düsseldorf, Germany.
- Instruments, T. (2016). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensor.* Retrieved from Texas Instruments: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf
- iwannagrowshop. (2015). Retrieved from http://www.iwannagrowshop.com/blog/los-trasplantes-en-la-marihuana-paso-paso/
- Jardin. (2014). Retrieved from http://easyjardin.cl/tutoriales/poda-de-rosas/2015/09/
- La Hora, D. (2019). Cuatro estrategias para bajar la 'huella de carbono' en Quito - La Hora. La Hora Noticias de Ecuador, sus provincias y el mundo. Retrieved 22 November 2019, from https://lahora.com.ec/noticia/1101925078/cuatro-estrategias-para-bajar-la-e28098huella-de-carbonoe28099-en-quito
- LasPlantas. (2016). Retrieved from http://www.webquestcreator2.com/majwq/ver/verr/13873
- Liliana, G. (n.d.). *Plantas de interior: guía básica de cuidados.* Argentina: LEA.
- MAILA, F. O. (2008, Mayo). Diseño y Construcción de un prototipo para captura del movimiento con un grado de libertad de los dedos de una mano y visualización en una PC en tiempo real. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Marrero Expósito, C. (2006). *Interfaz gráfica de usuario: Aproximación semiótica y cognitiva.* Tenerife: Universidad de La Laguna (España).

- MicrocontroladoresIntroduccion. (2014). Retrieved from http://microsintroduccion.blogspot.com/2014/04/arquitectura-interna-y-externa-del.html
- ROBERTS, A. (2009). *EL Cuidado de las Plantas de Interior.* Reno: Universidad de Nevada.
- SANCHEZ, J. (2010). *Nuevas tendencias en comunicación.* ESIC Editorial.
- SlideShare. (2015). Retrieved from http://es.slideshare.net/azrahim/1-tipos-de-lenguajes-importancia-del-dos-y-windows
- SOMMERVILLE, I. (2005). *Ingeniería de Software.* Pearson Education.
- Stone, H. (2015, Octubre 17). *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors.* Retrieved from Grabcad Web site: https://grabcad.com/library/lm35-1
- SysML.org. (2016). *SysML Open Source Specification Project*. Retrieved from SysML.org Website: http://sysml.org/
- Sensor de humedad del suelo YL38 y YL69. (2019). Talos Electronics. Retrieved 22 May 2019, from https://www.taloselectronics.com/products/sensor-de-humedad-del-suelo-yl38-y-yl69
- Sabías por qué las hojas de las plantas son verdes?. (2012). Taringa!. Retrieved 22 November 2019, from https://www.taringa.net/+ciencia_educacion/sabias-por-que-las-hojas-de-las-plantas-son-verdes_12nucg
- Teresa, A. (2003). *Biología: La vida en la tierra.* Pearson.
- Trinityscsp. (2019, Enero 18). *Light Dependent Resistor, version through-hole.* Retrieved from Grabcad Web site: https://grabcad.com/library/ldr-pcb-th-1
- VDI. (2004). *Design methodology for mechatronic systems.* Duesseldorf: Verein Deutscher Ingenierure.
- *Cómo cuidar tus helechos. (2019). wikiHow. Retrieved 22 January 2019, from https://es.wikihow.com/cuidar-tus-helechos*
- Witham, A. (2019, Enero 3). *Arduino Mega 2560.* Retrieved from Grabcad Web site: https://grabcad.com/library/arduino-mega-2560-1