



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS**  
**ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL**

**Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones**

**TEMA:**

---

**” SISTEMA ELECTRONICO PORTABLE PARA LA MEDICION DEL INDICE DE  
CONTAMINACION DE SUELOS”**

---

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

**SUBLÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:**      Sistemas Embebidos

**AUTOR:**                                      José Luis Calapiña Sánchez

**TUTOR:**                                      Ing. Edgar Patricio Córdova Córdova

Ambato – Ecuador

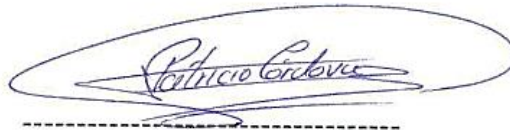
Agosto 2018

## APROBACION DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Tema: “**SISTEMA ELECTRONICO PORTABLE PARA LA MEDICION DEL INDICE DE CONTAMINACION DE SUELOS**”, del señor. Calapiña Sánchez José Luis, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los tramites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato agosto, 2018

EL TUTOR

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a hand-drawn oval. The signature appears to read "Patricio Córdova". Below the signature is a horizontal dashed line.

Ing. Patricio Córdova, Mg.

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: **“SISTEMA ELECTRONICO PORTABLE PARA LA MEDICION DEL INDICE DE CONTAMINACION DE SUELOS”**, es absolutamente original, autentico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato agosto, 2018

A handwritten signature in cursive script, reading "José Luis Calapiña Sánchez", is written over a horizontal dashed line.

Calapiña Sánchez José Luis

C.I. 180470509-1

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, agosto del 2018

A handwritten signature in blue ink, reading "José Luis Calapiña Sánchez", is written over a horizontal dashed line.

Calapiña Sánchez José Luis

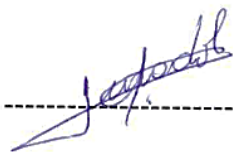
C.I. 180470509-1

## APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mg. Marco Antonio Jurado Lozada e Ing. Mg. Clara Sánchez Benítez revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA ELECTRONICO PORTABLE PARA LA MEDICION DEL INDICE DE CONTAMINACION DE SUELOS”, presentado por el señor Calapiña Sánchez José Luis de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



-----  
Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



-----  
Ing Mg. Marco Jurado  
DOCENTE CALIFICADOR



-----  
Ing. Mg. Clara Sánchez  
DOCENTE CALIFICADOR

## **DEDICATORIA**

*A Dios, por haberme dado la vida, por bendecirme siempre con la mejor familia y con una excelente esposa, por fortalecer mi fe diariamente en mi corazón, poniendo en mi camino retos y que con sabiduría me permitió llegar a este momento tan especial en mi vida profesional.*

*A mi madre Mery Sánchez, por ser quien me aconsejo y corrigió, por ser el pilar fundamental de mi vida, por la motivación constante a lograr mis objetivos, y que me ayudo a ser una persona de bien, pero más que nada por su sacrificio incondicional durante mi vida profesional y la de mis hermanos.*

*A mi padre Segundo Calapiña, por darme el mejor ejemplo del mundo, de lucha y perseverancia.*

*A mi esposa Jessica, por su amor incondicional por sobre todas las cosas, por sus consejos llenos de paciencia.*

*A mis hermanos quienes me apoyaron, juntos logramos conseguir nuestros objetivos y que me brindaron la confianza de contar con ellos en todo momento.*

***Calapiña Sánchez José Luis***

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco con todo mi corazón lleno de fe a Dios por darme la bendición, oportunidad y la dicha de superarme.*

*A mis padres, hermanos y familiares, por estar siempre al pendiente de mí, apoyándome para cumplir con mis objetivos personales y profesionales.*

*A mi asesor de Tesis el Ing. Patricio Córdova, por su tiempo, por confiar en mis capacidades para realizar la investigación, y por brindarme su amistad como persona y su sabiduría como profesional.*

*A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y sus docentes por formarme como persona y buen profesional.*

*A mi esposa Jessica, que durante los últimos años de mi carrera me ha apoyado para continuar y no renunciar a mis objetivos.*

*Al Señor Segundo Chango gerente de la empresa Rosely Flowers por darme la apertura de realizar la investigación en su empresa.*

*Finalmente agradezco a mis primos y amigos, con quienes pase los mejores momentos de mi vida universitaria y que me apoyaron con palabras de aliento.*

**Calapiña Sánchez José Luis**

## INDICE

APROBACION DEL TUTOR.....	ii
AUTORIA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACION DE LA COMISION CALIFICADORA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INDICE.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCION.....	xvii
CAPITULO I.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Delimitación .....	4
1.5 Objetivos .....	5
Objetivo General .....	5
Objetivos Específicos .....	5
CAPITULO II .....	6
2.1 Antecedentes Investigativos .....	6
2.2 Fundamentación Teórica .....	8
2.2.1 Los suelos en el Ecuador .....	8
2.2.2 Elementos básicos del suelo .....	11
2.2.3 Agricultura de Conservación .....	11
2.2.4 Propiedades físicas y químicas del suelo.....	13
2.2.6 Norma NTE INEN ISO 10381.....	15
2.2.7 Propiedades para la medición del índice de contaminación .....	16
2.2.8 Manejo agronómico de la Conductividad Eléctrica.....	28
2.3 Sensor .....	29
2.4 Transductores .....	30



2.5 Servidor Web.....	33
2.5 Comunicación inalámbrica.....	36
2.6 Propuesta de Solución .....	39
CAPÍTULO III.....	40
3.1 Modalidad de la Investigación .....	40
3.2 Recolección de información.....	40
3.3 Procesamiento y análisis de datos .....	41
3.4 Desarrollo del proyecto .....	41
CAPITULO IV.....	42
4.1 Antecedentes .....	42
4.2 Análisis de Factibilidad.....	42
4.2 Análisis de requerimientos .....	43
4.3 Estandarización de variables .....	45
4.4 Índice de contaminación.....	48
4.4.1 Índice de contaminación Alto .....	48
4.4.2 Índice de contaminación Ligero .....	49
4.4.3 Índice de contaminación Neutro .....	50
4.4.4 Índice de contaminación Medio.....	50
4.5 Norma NTE INEN 10381.....	51
4.6 Análisis y selección de Hardware para el Sistema de medición del índice de contaminación .....	52
4.7 Software.....	53
4.8 Selección de elementos .....	53
4.9 Hardware .....	53
4.10 Sensores.....	57
4.10.1 Sensor de Conductividad .....	57
4.10.2 Sensor de pH.....	61
4.11 Comunicación.....	62
4.12 Hardware Servidor .....	65
4.13 Software Servidor.....	69
4.14 Análisis de consumo energético .....	70
4.15 Diseño del Sistema Electrónico Portable .....	73
4.16 Descripción general del sistema .....	77
4.17 Programación placa arduino mega .....	77
4.18 Diseño y programación de la interfaz HMI.....	80

4.19 Diseño estructural de prototipo .....	81
4.20 Pruebas de funcionamiento .....	84
4.21. Costo del proyecto.....	92
4.21. Costo del diseño .....	93
4.22. Costo total del proyecto.....	93
CAPITULO V .....	94
5.1 Conclusiones .....	94
5.2 Recomendaciones .....	95
Bibliografía.....	97
ANEXO A.....	101
ANEXO B .....	103
ANEXO C .....	105
ANEXO D.....	107
ANEXO E .....	109
ANEXO F .....	111
ANEXO G.....	113
ANEXO H.....	116
ANEXO I .....	119
ANEXO J .....	122
ANEXO K.....	125

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.Principales provincias según superficie agropecuaria.....	12
Tabla 2.2.Cultivos permanentes de mayor producción.....	10
Tabla 2.3. Cultivos transitorios de mayor producción.....	10
Tabla 2.4. Sustancias del uso del suelo.....	16
Tabla 2.5 Variación de los niveles de nutrientes, por profundidad de suelo en perfiles de un oxisolo degradado y no degradado.....	17
Tabla 2.6 Factores limitantes químicos del suelo, inducidos por la erosión, que provocan disminución en la productividad del suelo.....	19
Tabla 2.7 Factores limitantes físicos del suelo, inducidos por la erosión, que provocan disminución en la productividad del suelo.....	19
Tabla 2.8 Puntos cardinales de la temperatura para la germinación de algunas semillas.....	20
Tabla 2.9. Rangos de la temperatura edáfica para tasas de crecimiento de las raíces mayor o igual a 50 % de su máximo desarrollo.....	20
Tabla 2.10 Temperaturas cardinales de algunas semillas.....	21
Tabla 2.11 Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación de algunas semillas de especies cultivadas.....	22
Tabla 2.12. Clasificación de la porosidad.....	24
Tabla 4.1 Clasificación de acidez del suelo.....	36
Tabla 4.2 Capacidad de Campo de suelos según su textura.....	37
Tabla 4.3 Tabla de condiciones del suelo de acuerdo a la temperatura.....	37
Tabla 4.4 Clasificación de suelos afectados por sales de acuerdo a sus propiedades químicas.....	37
Tabla 4.5 Índice de contaminación de suelo.....	38
Tabla 4.6 Comparativa entre diferentes placas electrónicas.....	40
Tabla 4.7 Características técnicas del hardware libre.....	43
Tabla 4.8 Comparativa sensor de conductividad.....	48
Tabla 4.9 Ecuación para la medición de la temperatura, humedad y conductividad del suelo.....	51
Tabla 4.10 Comparativa Sensores Ph.....	51
Tabla 4.11 Comparativa de comunicaciones inalámbricas.....	53
Tabla 4.12. Conexión del NRF con arduino uno y arduino mega.....	54

Tabla 4.13 Comparativa entre mini-ordenadores (SBC).....	55
Tabla 4.14 Análisis comparativo de las distribuciones de Linux.....	58
Tabla 4.15 Potencia total que consume el circuito del dispositivo portable.....	60
Tabla 4.16 Tabla de medias aritméticas bloque 1.....	72
Tabla 4.17 Tabla de medias aritméticas bloque 2.....	73
Tabla 4.18 Tabla de medias aritméticas bloque 5.....	74
Tabla 4.19 Tabla de medias aritméticas bloque 9.....	76
Tabla 4.20 Tabla de medias aritméticas Botadero de Basura Ambato.....	77
Tabla 4.21 Muestras tomadas por el sistema electrónico en los bloques 1, 2, 5, 9....	79
Tabla 4.22 Muestras tomadas por los medidores en los bloques 1, 2, 5, 9.....	79
Tabla 4.23 Porcentajes de error bloques 1, 2, 5, 9.....	79
Tabla 4.24 Media general de porcentaje de error.....	80
Tabla 4.25 Costo de software y hardware del proyecto.....	80
Tabla 4.26 Valor total para implementar el prototipo.....	81

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Superficie de labor agropecuaria.....	10
Figura 2.2 Cambio iónico de las partículas de suelo.....	13
Figura 2.3 Conductancia del suelo.....	26
Figura 4.1 Fases de desarrollo.....	30
Figura 4.2 Organización Jerárquica des desarrollo de Sistema.....	38
Figura 4.3 Método de toma de Muestras correcta e incorrecta.....	45
Figura 4.4 Arduino uno.....	48
Figura 4.5 Pantalla nextion 3.5 pulgadas.....	49
Figura 4.6 Conexión pantalla Nextion con Arduino.....	49
Figura 4.7 Sensor de Conductividad.....	50
Figura 4.8 Circuito Electrónico sensor MEC 10.....	51
Figura 4.9 Sensor pH arduino.....	55
Figura 4.10 Diagrama de conexión NRF con arduino mega.....	56
Figura 4.11 Diagrama de componentes y puertos rasperry pi.....	58
Figura 4.12 Esquemático circuito eléctrico dispositivo portable.....	62
Figura 4.13 Arquitectura del sistema.....	66
Figura 4.14 Diagrama de Adquisición del sistema.....	67
Figura 4.15 Diagrama del Acondicionamiento del sistema.....	68
Figura 4.16 Diagrama del Procesamiento del sistema.....	68
Figura 4.17 Diagrama del sistema completo.....	69
Figura 4.18 Ejemplo de programación en arduino IDE.....	72
Figura 4.19 Pantalla de inicio Nextion.....	73
Figura 4.20. Entorno grafico Nextion.....	73
Figura 4.21. Creación pantalla HMI en nextion.....	73
Figura 4.22. Pantalla HMI prototipo.....	74
Figura 4.23 Diseño digital parte A prototipo.....	74
Figura 4.24 Diseño físico parte A prototipo.....	75
Figura 4.25 Diseño digital parte B prototipo.....	75
Figura 4.26 Diseño físico parte B prototipo.....	75

Figura 4.27 Diseño digital parte C prototipo.....	75
Figura 4.28 Diseño digital parte D prototipo.....	76
Figura 4.29 Diseño físico parte D prototipo.....	76
Figura 4.30 Muestras tomadas de pH bloque 1 .....	77
Figura 4.31 Muestras tomadas de Humedad bloque 1 .....	77
Figura 4.32 Muestras tomadas de Temperatura bloque 1.....	78
Figura 4.33 Muestras tomadas de pH bloque 2.....	78
Figura 4.34 Muestras tomadas de Humedad bloque 2.....	79
Figura 4.35 Muestras tomadas de Temperatura bloque 2.....	79
Figura 4.36 Muestras tomadas de pH bloque 5.....	80
Figura 4.37 Muestras tomadas de Humedad bloque 5.....	80
Figura 4.38 Muestras tomadas de Temperatura bloque 5.....	80
Figura 4.39 Muestras tomadas de pH bloque 9.....	80
Figura 4.40 Muestras tomadas de Humedad bloque 9.....	81
Figura 4.41 Muestras tomadas de Temperatura bloque 9.....	82
Figura 4.42 Muestras tomadas de pH Botadero de Basura Ambato.....	82
Figura 4.43 Muestras tomadas de Humedad Botadero de Basura Ambato.....	83
Figura 4.44 Muestras tomadas de Temperatura Botadero de Basura Ambato.....	83

## RESUMEN

En el presente proyecto de investigación, se desarrolla y construye un sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos, orientado a la prevención de la erosión del suelo. Este sistema fue desarrollado partiendo de los problemas existentes que enfrentan los suelos en el Ecuador debido a la contaminación por desechos tóxicos, aguas residuales, y el mal uso de fertilizantes; los cuales conllevan al proceso de degradación del suelo y baja producción agrícola, florícola u otra producción agraria.

El proyecto consta de un dispositivo portable como nodo emisor el cual realiza la toma de los valores del suelo a través de tres sensores colocados en la punta del dispositivo, estos sensores determinan el valor de temperatura, pH, humedad y conductividad, los valores medidos son mostrados en una pantalla HMI.

Una vez realizado la toma de los valores, estos son enviados mediante comunicación inalámbrica hacia el nodo receptor mediante los dispositivos NRF, los valores medidos son comparados con valores preestablecidos acerca de la contaminación, de esta manera establecemos el índice de contaminación de suelo, que puede ser ligero, neutro, medio y alto, este proceso se realiza en la tarjeta controladora del nodo receptor.

Este sistema realiza un análisis general de cada de una de las variables, este proceso ocurre en el nodo servidor, el cual tiene los recursos de un servidor LAMP, los valores medidos se almacenan en la base de datos, para ser presentados en una página web que permite generar informes y gráficas para el análisis de los datos.

**Palabras clave:** Sistema, Portable, Conductividad, Acidez, Alcalinidad, Capacidad de Campo, Temperatura, Comunicación.

## **ABSTRACT**

The present research Project develops and builds in a portable System to the index of soil contamination guide to the prevention of erosion. This system was developed from existing soil problems in Ecuador due to contamination by toxic waste wastewater and the misuse of fertilizer which lead to soil degradation and the agricultural production decrease. The project consists in a portable device as an emitting node. This one performing soil sampling and this sampling is done using three sensors place at the tip of the device this sensor determines the temperature, pH humidity and conductivity values. The measurements are shown in the HMI screen. Once the sampling of values, these are sent by wireless communication to the receive node using the NRF devices. This values are compared with pre-established values about contamination. Then we establish the soil contamination index which can be light neutral medium and high. This process is done in the controller card from the receive node. This system done a general analysis of each variables this process occurs at the server node and this one has a resources of a LAMP server. The measurement values are stored in a data base to be presented in a website that allows manipulated generate reports and graphics for the analysis of the data base.

**Keywords:** System, Portable, Conductivity, Acidity, Alkalinity, Field Capacity, Temperature and Communication.



## **INTRODUCCION**

En el presente proyecto de investigación se desarrolla un sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos. Se basa fundamentalmente en un sistema que realiza la toma de muestras del suelo el cual permite analizar mediante la medición de variables el índice de contaminación del suelo, determinando el grado de contaminación; toda la información adquirida es almacenada en un servidor que permita la visualización de los datos, potenciando así el análisis de los datos adquiridos. La distribución de este trabajo se conforma por cinco capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

En el Capítulo I, se describen las razones por las cuales es necesario el desarrollo de la investigación de sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos, partiendo de un análisis macro hasta detallar específicamente el problema que se debe cubrir.

En el Capítulo II, se reúne la información teórica necesaria de trabajos de investigación similares para el desarrollo del proyecto propuesto, abordando varios temas como: la contaminación agrícola, detección de contaminación de suelo mediante técnicas no destructivas, caracterización eléctrica de contaminantes.

En el Capítulo III, describe el tipo de investigación que se realizó y los procedimientos que se siguieron para desarrollar este trabajo.

En el Capítulo IV, se describe el proceso que se llevó a cabo para la selección de equipos, se desarrollaron las etapas de adquisición, procesamiento, visualización de los datos; diseño del sistema, análisis energético, programación del sistema electrónico, diseño del interfaz y diseño del prototipo.

En el Capítulo V, se describe las conclusiones y recomendaciones que se derivan del desarrollo de este trabajo de investigación.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Tema de Investigación**

SISTEMA ELECTRONICO PORTABLE PARA LA MEDICION DEL INDICE DE CONTAMINACION DE SUELOS.

### **1.2 Planteamiento del problema**

En el Ecuador, existen muchas causas que contaminan los suelos, pero las que más se dan a menudo es la que proviene del petróleo y sus derivados, seguida de la basura y fertilizantes. [1].

De acuerdo con la información del III Censo Nacional Agropecuario del año 2000, el 47 % de la superficie del país, es decir 12'355.831 hectáreas, se dedican a la producción agropecuaria, el área potencial cultivable y productiva en el país es de 6'333.000 hectáreas. El área neta regable es de 3'100.000 hectáreas; con una superficie cultivada de 1,850.000 hectáreas. Solamente 955.000 hectáreas del área cultivable tienen infraestructura de riego, lo que significa apenas está servida con riego el 30.8% del área regable estimada, de esta área el 70% corresponde a riego privado y el 30% a riego público. [2]

El Ecuador al igual que la mayoría de los países en desarrollo no ha escapado al problema de la degradación de los suelos, de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), estima que la degradación de suelos constituye el mayor problema ambiental que el país soporta, pues se ha calculado que alrededor del 48% de la superficie nacional es decir 5'930.798.88 hectáreas tiene serios problemas de erosión [2].

Los estudios cuantitativos realizados en la Sierra Ecuatoriana por el Departamento de Suelos del MAG y el Oficina de la investigación científica y técnica del suelo (ORSTOM), sobre 7 parcelas de escurrimiento de 50 m<sup>2</sup> de superficie, revelan que los pesos de tierra perdida por erosión son considerables, ya que el porcentaje de erosión aumenta aproximadamente en un 0.5 % anualmente.

Una de las principales dificultades ambientales que confronta Ecuador es la contaminación del agua. Normalmente los desechos causados por las actividades humanas, ya sean estos líquidos o sólidos, la contaminan mermando su capacidad para purificarse de manera natural. [3]

A lo largo del tiempo el suelo también se ha venido empobreciendo por la falta de nutrientes resultado de la deforestación alterando sus características físicas y químicas; esto debido a las técnicas agrícolas e inadecuada utilización de fertilizantes inorgánicos, plaguicidas y además por diversos factores como derrames de petróleo, desechos sólidos, extracción de oro, etc. [3]

La contaminación agrícola es una alteración al entorno natural del ambiente por el uso excesivo de agroquímicos; dicha contaminación causa daño al ser humano, debido a las fumigaciones que se realizan para mantener una buena producción en los cultivos, es importante mencionar las consecuencias que se dan en el ambiente; el suelo se vuelve cada vez más infértil, las plantas más inmunes a los fertilizantes aplicados y aparecen nuevas plagas que cada vez son más difíciles de controlar; por otro lado afecta al ser humano en su salud ya que se presentan enfermedades respiratorias, intoxicaciones, cáncer a la piel, cáncer pulmonar, trastornos, mutaciones, malformaciones, esterilidad, dermatitis de contacto [4].

La contaminación de los recursos hídricos y la degradación de los ecosistemas asociados a ellos son dos de los más grandes problemas que afectan al desarrollo sostenible del suelo. Incide en esta situación, el crecimiento poblacional y su creciente demanda de agua, la falta de cumplimiento de las normas establecidas por el MAG y la ausencia de aplicación de sanciones rigurosas a los causantes de impactos ambientales adversos, además la calidad del agua se ve alterada por: el vertimiento de aguas residuales, la disposición final de residuos sólidos y agroquímicos y como potenciales agentes de

contaminación están los asentamientos poblacionales, las actividades industriales y agropecuarias. [5]

La contaminación del agua se produce cuando los contaminantes llegan al suelo y se desplazan hacia abajo hasta llegar al agua subterránea. El movimiento del agua y la dispersión dentro del acuífero esparce a los contaminantes en un área mayor, la misma que puede interceptar: la salida del agua de los pozos, o un sistema hídrico superficial, contaminando las fuentes de agua, este tipo de contaminación se observa en las provincias de Manabí, Orellana, Sucumbíos y Pichincha. [5]

Tungurahua es una provincia referente en Ecuador en el cuidado de los páramos y en la preservación de las cuencas hidrográficas según el consejo provincial de Tungurahua. Además, mantiene en marcha sistemas hídricos que garantizan el reparto equitativo del agua en toda la población. [6]

Tungurahua tiene 204 mil hectáreas de tierra utilizada, lo cual equivale al 13% del total de la región y el 2% del total del país. Existe un predominio de páramos que representan el 30% de la superficie provincial utilizada, seguida de montes y bosques (16%), y pastos (15%), lo que sugiere la existencia de zonas protegidas, amplios humedales y zonas aptas para la ganadería. Pero además se percibe que la colonización de páramos como consecuencia de la reforma agraria generó desplazamientos desde las zonas medias y bajas hacia las zonas altas en búsqueda de nuevas tierras [7]

Los agricultores de la parroquia Izamba de la provincia de Tungurahua, riegan sus cultivos con el agua del canal Chacón Sevilla, el líquido es casi transparente. Pero mientras avanza el día, las curtiembres expulsan sus residuos. El torrente se vuelve verdoso y negro. [8]

En la provincia de Tungurahua según una encuesta realizada por un diario de la provincia, determino que un olor fétido se percibe en algunas zonas de Izamba, Las viñas y el Socavón en Ambato estás asentadas junto a fábricas y curtidurías y las desembocaduras de los canales de las aguas servidas que usan los 329 000 habitantes y las 293 industrias. [9]

Según cifras de la asociación de curtidores de Tungurahua, se fabrica el 80% de la producción nacional de pieles (cada año se elaboran 700 000 en el país), para su

procesamiento esta industria usa 39 000 metros cúbicos de agua anuales. Los estudios del Ministerio de Agricultura y Ganadería señalan que más de 300 hectáreas se irrigan con el agua contaminada en Las Viñas, Catiglata y Pishilata. Una forma de remediar la contaminación es la exigencia de la licencia ambiental otorgada por el Ministerio del ramo. Esa dependencia recibió 975 solicitudes en el primer semestre, fueron presentadas por compañías del centro del país y solo se aprobaron 12. En 2017 se entregaron 36 en el primer semestre y otras 64 se aprobaron en el segundo semestre del año de los cuales fueron aprobadas 20. [7]

El cantón Santiago de Quero Está situado a 18 km de Ambato rica producción agrícola y ganadera lo ha vuelto un sitio de peregrinación para miles de compradores y visitantes del Ecuador, según el INEC es de 17.5 Km<sup>2</sup>. Está conformado por un solo cantón que origina su nombre, el 59 % se dedica a la producción agrícola y ganadera. [8]

### **1.3 Delimitación**

#### **De contenidos**

<b>Área Académica:</b>	Física y Electrónica
<b>Línea de Investigación:</b>	Sistemas de Control
<b>Sublínea de Investigación:</b>	Sistemas Embebidos

#### **Delimitación espacial**

La presente investigación se realizó en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

#### **Delimitación temporal**

La presente investigación se efectuó en el periodo septiembre 2017 - agosto 2018 de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

### **1.4 Justificación**

El presente proyecto se enfoca en facilitar el análisis del índice de contaminación en los suelos productivos de la provincia de Tungurahua de los agricultores, floricultores y otros,

de una manera sencilla y confiable, para la producción de cultivos en nuevas tierras sin el uso excesivo de pesticidas y los productos que se cultiven en estas tierras sean de mejor calidad, mediante una detección temprana de la contaminación en el suelo; además el proyecto tiene como finalidad realizar un prototipo que pueda ser utilizado por cualquier usuario, permitiendo así el acceso a un estudio de contaminación confiable y rápido, sin necesidad de contratar experto sobre la contaminación.

Al desarrollar este sistema los beneficiarios inmediatos son los agricultores y floricultores, al poder medir el nivel de contaminación de los suelos se puede analizar la posibilidad de realizar los cultivos con menor contaminación como el uso de pesticidas o cambiar el área de cosecha, a la par, los beneficiados son los consumidores, los productos tienen menor índice de contaminación y es apto para el consumo humano.

## **1.5 Objetivos**

### **Objetivo General**

- Implementar un sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar los niveles de contaminación que pueden darse en los suelos.
- Determinar características adecuadas de hardware y software para el sistema electrónico de suelos contaminados.
- Diseñar un prototipo de sistema electrónico portable para el monitoreo de contaminación de suelos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Antecedentes Investigativos**

En base a tesis de universidades se han realizado investigaciones similares, las mismas que se detallan a continuación:

Flores Buitrón Catya Silvana en el año 2016, en la Universidad Central del Ecuador realizo el estudio “La Contaminación Agrícola por el uso de Agroquímicos y su Consecuencia Jurídica en relación a la Soberanía Alimentaria y al Derecho al Buen Vivir en la Comunidad de San Joaquín de la Parroquia Cuellaje, del Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura en el primer semestre del año 2016”, afirma que el uso excesivo de agroquímicos en la actividad agrícola ocasiona desertificación en el suelo y una baja comercialización de productos, esto se lo realiza mediante un método de investigación exploratorio y empírico. [10]

Carina Fernanda Montalvo Sola, en la Universidad Central del Ecuador en el año 2013 realizó el estudio de “Efectos De La Contaminación Del Suelo En La Productividad De Cinco Sectores Agrícolas De La Parroquia De Tumbaco”, afirma que el Ecuador es un país netamente agrícola, pero que el sector tiene varios problemas debido a la falta de tecnologías y capacitación de los agricultores, además no hacen un uso adecuado de los procesos agrícolas y esto ha conllevado al aumento de salinidad de los suelos, riesgo de sequía y desertificación, esto está conllevando a la contaminación de los suelos y dicha contaminación altera la productividad de los cultivos, este estudio se lo realizo mediante la Revisión de información preexistente proporcionada por las siguientes entidades agrocalidad. [11]

Montoro, Marcos y Francisca, Franco en el año 2008 publican el siguiente estudio, “Detección de contaminación de suelos mediante técnicas no destructivas”, en esta publicación afirma que existe maneras de medición de la contaminación de suelos, no específicamente con el uso de laboratorios, el método que proponen es no destructivo, mediante la medición de la permisividad dieléctrica, la cual depende de las fases presentes en el suelo, lo que permite detectar y medir tanto el contenido de agua como concentraciones de contaminantes. El objetivo de este trabajo es determinar el potencial para detectar fluidos orgánicos en arenas a partir de mediciones dieléctricas realizadas mediante la técnica denominada Reflectometría en el Dominio de la Frecuencia (FDR). La principal ventaja de esta técnica de ensayo es que permite realizar determinaciones en laboratorio e in-situ con el mismo nivel de precisión lo que magnifica las posibilidades de detección. Para ello se realizaron ensayos en mezclas de arena con agua y con aceite de parafina. Se analizan los límites de detección y se determinan los cambios en las propiedades dieléctricas del suelo que son necesarios para que sectores contaminados puedan ser detectados con el FDR. [12].

Francisca Franco en el 2001, en la Universidad Nacional de Córdoba propone la “Evaluación de suelos contaminados con fluidos orgánicos mediante ondas electromagnéticas”, Propone un estudio relativo a los suelos contaminados con fluidos orgánicos. El método propuesto permite evaluar correctamente la extracción de estos fluidos durante la limpieza del suelo, se analizan los límites de aplicación del georadar para detectar y monitorear el desplazamiento de contaminantes orgánicos en el suelo. Las mediciones de la permitividad dieléctrica del suelo se pueden detectar y estimar el volumen de fluidos orgánicos en el mismo a partir de sondas incrustadas en el suelo, para medias y elevadas concentraciones. El estudio de los aspectos mencionados se realizó mediante la interpretación de trabajos experimentales realizados con distintos suelos y fluidos y la aplicación de los modelos físicos y numéricos. [13]

L. López, L. A. Martino, M. de la Vega, A. Osella, en la Universidad de Buenos Aires en el 2001 realizan el estudio de “Caracterización eléctrica de contaminantes en suelos saturados de agua”, se diseñaron experiencias con modelos a escala, donde se eligió contaminantes con propiedades físicas contrastantes con el agua dulce, agua saturada en sal, de alta conductividad dieléctrica y no polarizable, de muy alta resistividad eléctrica y mayor poralizabilidad, y se realizaron mediciones a lo largo de perfiles 2D analizando los



datos mediante códigos de inversión a fin de obtener datos reales de los parámetros físicos que caracterizan los distintos medios. Los métodos geoelectricos utilizados fueron el método resistivo y el de polarización inducida (IP). Ambos métodos emplean una fuente que inyecta corriente en el suelo mediante electrodos, midiéndose la diferencia de potencial en otros electrodos en la zona próxima a la inyección de corriente, el método resistivo consiste en medir la diferencia de potencial al inyectar una corriente alterna de baja frecuencia. El método de la polarización inducida en cambio, utiliza el transitorio de una onda cuadrada, cuando la fuente de inyección de corriente cae a cero, la diferencia de potencial de los electrodos no decae instantáneamente; ese decaimiento de voltaje es medido en función del tiempo y es lo que se conoce como cargabilidad. [14]

## **2.2 Fundamentación Teórica**

### **2.2.1 Los suelos en el Ecuador**

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre en la que viven numerosos organismos y crece la vegetación, es una estructura de vital importancia para el desarrollo de la vida. El suelo sirve de soporte a las plantas y le proporciona los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo.

Los estudios sistemáticos y rigurosos sobre suelos y la problemática de la erosión se desarrollaron en el Ecuador por el Instituto Nacional de Estadística y Censo del Ecuador INEC, evidenciando un énfasis en la región interandina, y determinando que el problema de la degradación de los suelos se concentra con particular fuerza en esta región, pero también responde a la importancia que tiene la formación de los Andes en la estructura actual de los diferentes ecosistemas y por lo tanto en la composición de los suelos. [15]

Las investigaciones edafológicas realizadas por el Instituto Agropecuario del Ecuador IAE, determinaron, según el origen de los suelos, la existencia de tres grandes grupos, los suelos aluviales formados sobre materiales sedimentarios jóvenes que pertenecen a dos medios distintos: el medio fluvial marino y el medio fluvial. Los desarrollados sobre cenizas volcánicas, que ocupan más del 30% del territorio nacional Ecuatoriano, los cuales son considerados suelos evolucionados y por lo tanto aptos para el desarrollo de la actividad agrícola, y los suelos formados a partir de la degradación de la “roca madre”, considerados “poco evolucionados”, pues geológicamente “son jóvenes y provienen de

cenizas muy recientes o ubicadas en zonas climáticas en donde la sequía limita la velocidad de alteración de los materiales originales”. [16]

Según datos del Programa de acción nacional de lucha contra la desertificación del Ecuador (PAND), un 0,33% (aproximadamente 90.000 has) de la superficie del país está desertificada y la tendencia, según lo señalan los diversos estudios sobre la erosión o problemas ambientales asociados, va a incrementarse por la convergencia de las condiciones ambientales anómalas. Tal es el caso de las condiciones que genera el calentamiento global expresado con las concomitantes presiones antrópicas (crecimiento demográfico, mayor demanda de recursos relacionados con la base productiva que proporcionan los suelos, ocupación del espacio, consumismo exacerbado y bipolaridad riqueza (acotada) / pobreza (extendida), que influyen significativamente en el problema. [17]

Los diferentes estudios realizados por el INEC sobre el tema de erosión estiman que el 47,9% de la superficie del Ecuador son suelos vulnerables a la erosión en distinta intensidad que va, desde muy activos, es decir, en proceso de degradación, hasta los potenciales, que, aunque no han sido sometidos a presiones corren alto riesgo de que esto suceda por su composición, características geomorfológicas y debido al grado de amenaza antrópica. Un 35,8% de la superficie son suelos “activos potenciales” de erosión. [18]

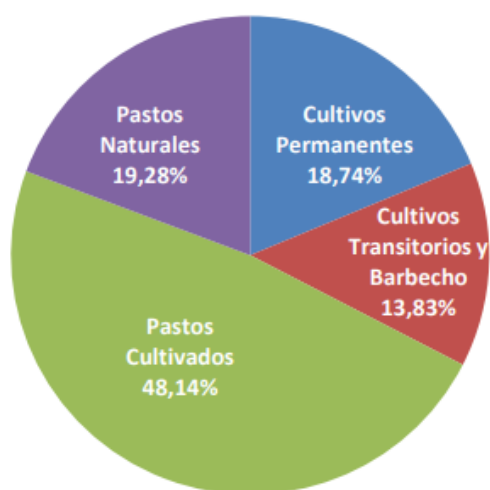


Figura 2.1. Superficie de labor agropecuaria [18]

La superficie de labor agropecuaria en el 2012 fue de 7,3 millones de Hectáreas. Las provincias con mayor superficie de labor agropecuaria son: Manabí, Guayas, Los Ríos y

Loja según muestra la tabla 2.1; así la Costa resulta ser la región con mayor superficie de labor agropecuaria. Como muestra en la figura 2.1 Los cultivos permanentes representan 18,74% de la superficie de labor agropecuaria, mientras los transitorios representan el 13,83%, los cultivos de pastos naturales representan el 19,28% y los cultivos transitorios y barbecho representa 13.83 % a nivel Nacional. [18]

Tabla 2.1. Principales provincias según superficie agropecuaria [18]

Provincia	Superficie de labor agropecuaria (Ha)				Total	Participación nacional
	Cultivos permanentes	Cultivos transitorios	Pastos Cultivados	Pastos Naturales		
1. MANABÍ	193.167	98.224	840.749	113.823	1.245.963	16,9%
2. GUAYAS	265.264	267.635	203.085	75.806	811.791	11,0%
3. LOS RÍOS	221.596	230.622	86.047	22.024	560.288	7,6%
4. LOJA	47.595	60.765	94.968	337.909	541.237	7,3%
5. ESMERALDAS	191.751	12.523	229.753	9.741	443.768	6,0%
6. MORONA SANTIAGO	11.780	8.934	372.424	38.866	432.005	5,9%
7. PICHINCHA	55.709	27.815	195.807	98.011	377.342	5,1%
8. EL ORO	93.442	9.057	237.301	8.220	348.020	4,7%
9. AZUAY	4.743	23.750	94.409	199.699	322.600	4,4%
10. BOLÍVAR	35.140	38.637	132.280	90.174	296.230	4,0%

En la tabla 2.2 muestra que la producción anual de tomate de árbol en Tungurahua representa el 27,1% respecto a la producción nacional de este cultivo y el 98,8% de la producción se destina a la venta; mientras que, la producción anual de papa representa el 8,2% a nivel Nacional y el 84,8% se destina a la venta. [18]

Tabla 2.2. Cultivos permanentes de mayor producción [18]

Cultivos permanentes	Superficie plantada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción anual (Tm)
Tomate de árbol	2.929	563	3.981

Tabla 2.3. Cultivos transitorios de mayor producción [18]

Cultivos transitorios	Superficie plantada (Ha)	Superficie cosechada (Ha)	Producción anual (Tm)
Papa	3.413	3.203	23.487
Maíz suave choclo	5.627	5.480	20.563

### **2.2.1.3 La contaminación de los suelos en el Ecuador**

La contaminación del suelo es la degradación de la superficie terrestre a través del mal uso del suelo por prácticas agrícolas pobres, la explotación mineral, la acumulación de desperdicios industriales, y el indiscriminado manejo de los desechos sólidos urbanos.

Las causas, son las que provienen del petróleo y sus derivados, seguida de la basura y fertilizantes, y como consecuencia en el Ecuador se produce la contaminación de las aguas subterráneas, que abastecen a las personas de diversos sectores, provocándoles graves enfermedades, además de la falta de productividad del suelo. [19]

### **2.2.1.4 Principios de manejo del suelo y preparación de la tierra**

Como el suelo es el recurso básico de los agricultores, debe ser cuidado con el fin de mejorar, conservar y hacer un uso sostenible del mismo. El principal objetivo es conservar los recursos del suelo a fin de permitir su uso futuro en labores agrícolas [20]:

- Reducir las pérdidas de suelo
- Incrementar la fertilidad natural
- Mejorar la estructura del suelo
- Dejar el suelo en las mismas o mejores condiciones para generaciones futuras

### **2.2.2 Elementos básicos del suelo**

Son las unidades de contextura más simples existentes en el suelo y consiste en cuatro componentes que se enumeran a continuación:

1. Materia orgánica (5 %)
2. Agua (25 %)
3. Aire (25 %)
4. Partículas de suelo o material mineral (45 %); estas son de tres tipos: arena, limo y arcilla.

### **2.2.3 Agricultura de Conservación**

Es un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agrarias adaptadas a las condiciones locales de cada región y a las exigencias del cultivo, cuyas técnicas y el manejo del suelo evitan que se erosione y degrade, mejoran su calidad y biodiversidad.

Bajo la Agricultura de Conservación se establece una nueva dinámica del suelo, dando lugar a fuertes interacciones entre la fauna, las raíces de las plantas, el agua, el aire, la temperatura y el reciclaje de los nutrientes. Como es difícil atribuir los cambios positivos a una o pocas propiedades del suelo, los efectos de la Agricultura de Conservación serán descritos por [20]:

- Propiedades físicas del suelo (agua, temperatura, porosidad, densidad), y
- Propiedades químicas del suelo (nutrientes y acidez)

### **2.2.3.1 Impactos por el uso indebido del suelo y la contaminación**

Una de las formas de aproximarse al problema de la degradación de los suelos es a través de los rendimientos decrecientes de los nutrientes del suelo. Las estadísticas del Banco Central del Ecuador respecto a la importación de insumos para la actividad agrícola se han incrementado sistemáticamente, y esto tiene que ver, en parte, con ese fenómeno de desgaste de los suelos y de la extensión de la superficie agrícola. Las importaciones de insumos agrícolas Libre a bordo (FOB); del 2000 fueron 212,4 millones de USD y en el 2006 se incrementaron a 380,45 millones de USD. Esto obedece a una mayor intensificación del uso de los suelos, pero también refleja la necesidad de mejorar la producción por efecto del desgaste de estos. En el año 2007, esta cifra fue de 310,2 millones de USD [20].

El uso intensivo de agroquímicos genera impactos negativos en la salud de los trabajadores agrícolas. Una investigación realizada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería reveló que un 62% de los trabajadores agrícolas que entraron en el universo de estudio, tuvieron problemas de salud a partir de la exposición a plaguicidas en sus respectivos trabajos. El informe dice que “la gran mayoría demostró signos clínicos de exposición a agentes tóxicos”; el problema lo identifican como más crítico en trabajadores de la agroindustria, y en especial, de las plantaciones florícolas [21]

### **2.2.3.2 Contaminación por productos químicos y desechos humanos**

Los desechos peligrosos en el país, según el ministerio del ambiente, en su mayor porcentaje son generados por un número pequeño de industrias tales como la textil, de acabado de metales, curtido de cueros, impresión gráfica, fundiciones ferrosas y no ferrosas, industria química, industria del petróleo. Solamente un reducido porcentaje de los desechos potencialmente peligrosos generados en el país recibe algún tratamiento y

los métodos de disposición final no son los adecuados, lo que aumenta el riesgo para la salud y el medio ambiente. El Ecuador no cuenta con la infraestructura técnica necesaria ni con las metodologías adecuadas para evaluar la magnitud del riesgo existente actualmente. [22]

Según un estudio de la Secretaria Técnica del Frente Social (STFS); respecto a los desechos sólidos producidos por los centros urbanos, se estimó que a promedio nacional diario per cápita de producción de desechos fue 0,54 kg por persona diariamente, es decir, con variaciones de 0,77 y 0,24 kg, debido a las diferencias regionales. Este estudio a su vez determinó que a nivel nacional se producían 6.000 toneladas de desechos sólidos domiciliarios, los mismos que contaminan los suelos en las áreas destinadas al depósito de basura. [22]

Según la Cámara de Construcción de Quito (CCQ), la producción de basura a nivel nacional es en la actualidad, aproximadamente 7.400 toneladas de residuos urbanos sólidos por día, y que el 49% de esos desechos son recolectados de manera formal, el porcentaje restante va directamente a los suelos o a las fuentes de agua como los ríos, lo cual es uno de los mayores problemas de degradación ambiental en el país. Para el caso de Quito según la misma fuente, el promedio actual de desechos sólidos per cápita es de 0,744 kg/hbt/día. Cabe señalar que los volúmenes de desechos se han incrementado notablemente desde la dolarización como consecuencia del crecimiento económico experimentado desde el año 2000, esto a su vez, debido a un exacerbado consumismo. [23]

#### **2.2.4 Propiedades físicas y químicas del suelo**

El suelo está constituido por propiedades químicas y físicas que son esenciales para el análisis de contaminación, estas propiedades se explican a continuación:

Las principales propiedades físicas del suelo son el color, la textura, la estructura y las relacionadas con la capacidad de retención de agua en el suelo. [24]

##### **Color.**

Esta propiedad permite deducir rasgos importantes en el suelo: un color oscuro o negro indica contenido alto en materia orgánica, color blancuzco presencia de carbonatos y/o yesos, colores grises/verdes/azulados hidromorfía permanente. El color se caracteriza por

tres parámetros que son: Matiz o Hueso, que expresa la longitud de onda dominante en la radiación reflejada. Se consideran cinco colores principales (R, rojo; Y, amarillo; G, verde, B, azul y P, púrpura) y cinco intermedios. Brillo o Valúe que expresa la porción de luz reflejada y mide el grado de claridad o de oscuridad relativa del color comparado con el blanco absoluto. Intensidad o Cromo que expresa la pureza relativa del color del matiz de que se trate. [24]

### **Textura.**

El suelo está constituido por partículas de diferente tamaño. Conocer la granulometría es esencial para cualquier estudio del suelo. Para agrupar a los constituyentes del suelo según su tamaño se han establecido muchas clasificaciones, básicamente todas aceptan los términos de grava, arena, limo y arcilla, pero difieren en los valores de los límites establecidos para definir cada clase. Definimos textura del suelo como la relación existente entre los porcentajes de las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla). Las combinaciones posibles de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases texturales. Se utilizan numerosos tipos de diagramas (circulares, de barras), pero el más ampliamente empleado es el triángulo de texturas. [24]

### **Estructura.**

Las partículas no se suelen presentar en el suelo de un modo totalmente independiente, sino que se encuentran más o menos ligadas unas a otras, constituyendo los agregados. Así, la estructura de un suelo se puede definir como “el modo de agregación o unión de los constituyentes del suelo (partículas minerales, materia orgánica, etc.)”. Entre los factores que influyen o determinan la morfología de la estructura están [24]:

- La cantidad o porcentaje del material o matriz que une las partículas del suelo (carbonatos, arcilla, materia orgánica);
- La textura;
- La actividad biológica del suelo (lombrices) y
- La influencia humana (en el horizonte cultivado se forma una estructura con una morfología totalmente distinta a la natural que poseía el suelo).

Las propiedades químicas que se presentan en el suelo, son determinadas por el cambio iónico que se ocasiona al contacto de las partículas del suelo con los nutrientes de la semilla

## Cambio iónico.

El cambio iónico se muestra en la figura 2.2, son los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo, adsorben iones de la fase líquida liberando al mismo tiempo otros iones en cantidades equivalentes, estableciéndose el equilibrio entre ambos. [25]

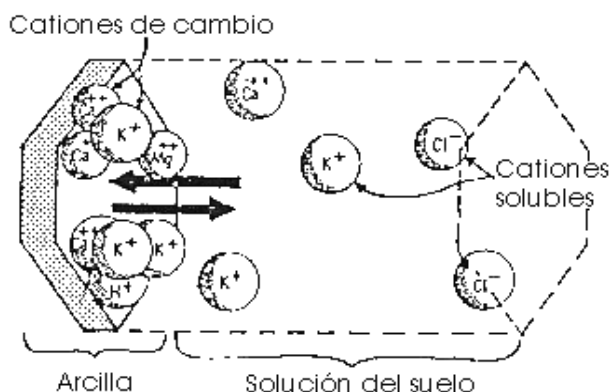


Figura 2.2 Cambio iónico de las partículas de suelo [25]

Es un proceso dinámico que se desarrolla en la superficie de las partículas. Como los iones adsorbidos quedan en posición asimilable constituyen la reserva de nutrientes para las plantas. [25]

Las causas que originan el intercambio iónico son los desequilibrios eléctricos de las partículas del suelo. Para neutralizar las cargas se adsorben iones, que se pegan a la superficie de las partículas. Quedan débilmente retenidos sobre las partículas del suelo y se pueden intercambiar con la solución del suelo. [25]

### 2.2.6 Norma NTE INEN ISO 10381

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso suelo. [26]

El objetivo principal de la presente norma es preservar o conservar la calidad del recurso suelo para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso suelo deberán realizarse en los términos de la presente Norma Técnica Ambiental ISO 10381, que es un grupo de normas que tratan varios aspectos de la investigación y el muestreo de suelos. [26]



Los casos graves de contaminación del suelo ocurren principalmente en sitios urbanos e industriales, también puede ocurrir una grave contaminación de las tierras agrícolas (por ejemplo, debido al uso de pesticidas, el riego a largo plazo y la aplicación de desechos orgánicos). En tales casos, una combinación de las metodologías de ISO 10381-4 e ISO 10381-5 puede ser apropiada. Cuando el objetivo de una investigación se relaciona con el crecimiento de la planta, se debe hacer referencia a ISO 10381-4. [26]

La terminología general utilizada en la presente norma está de acuerdo con lo establecido en la norma ISO / TC 190 "Calidad del suelo" y más particularmente con la terminología dada en ISO 11074.

La investigación de aguas subterráneas, gases del suelo y aguas superficiales queda fuera del alcance de ISO 10381, para tener la información adecuada sobre muestreo de aguas subterráneas y aguas superficiales, ver ISO 5667. La información sobre el muestreo del gas del suelo se proporciona en ISO 10381-7. [26]

### **Criterios de Remediación o Restauración del Suelo**

Los criterios de remediación o restauración se establecen de acuerdo al uso del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial), y son presentados en la Tabla 2.4. Tienen el propósito de establecer los niveles máximos de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración. [26]

#### **2.2.7 Propiedades para la medición del índice de contaminación**

Las propiedades del suelo, para determinar el índice de contaminación se establecen a través de la relación de los valores de pH, temperatura, humedad y conductividad del suelo.

Tabla 2.4. Sustancias del uso del suelo [26]

Sustancia Parámetros Generales	Unidades (Concentración en Peso Seco)	USO DEL SUELO			
		Agrícola	Residencial	Comercial	Industrial
Conductividad	mmhos/cm.	2	2	4	4
pH		6 a 8	6 a 8	6 a 8	6 a 8
Parámetros Inorgánicos					
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	12	15	15	15
Azufre (elemental)	mg/kg	500	-	-	-
Bario	mg/kg	750	500	2000	2000
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	2	-	-	-
Cadmio	mg/kg	2	5	10	10
Cobalto	mg/kg	40	50	300	300
Cobre	mg/kg	63	63	91	91
Cromo Total	mg/kg	65	65	90	90
Cromo VI	mg/kg	0.4	0.4	1.4	1.4

### Nivel de PH del suelo

Los suelos presentan distinta capacidad de cambio en función del pH. Cuando el pH es bajo los hidrogeniones están fuertemente retenidos en las superficies de las partículas, pero a pH altos los H de los grupos carboxílicos primero y de los OH después, se disocian y los H<sup>+</sup> pueden ser intercambiados por cationes. Esto es la consecuencia de que la capacidad de cambio de cationes aumente con el pH. [27]

### Niveles de nutrientes en suelos erosionados

La erosión es un proceso que actúa de manera selectiva, arrastrando las partículas más finas y más reactivas del suelo (arcilla y materia orgánica) y dejando las partículas más gruesas, pesadas y menos reactivas. [27]

De esta manera la erosión provoca una disminución de la concentración de nutrientes en el suelo degradado remanente.

En la tabla 2.5 se presentan distribuciones típicas de nutrientes, en función de la profundidad, se terminan en dos perfiles de un Ferralsol erosionado y no erosionado, se busca relacionar en función de la pendiente, varios datos disponibles sobre la severidad de la pérdida de nitrógeno y fósforo, y por extensión las pérdidas totales del suelo superficial, en un Ferralsol. [28]

Tabla 2.5 Variación de los niveles de nutrientes, por profundidad de suelo en perfiles de un oxisolo degradado y no degradado. [28]

Perfil	Profundidad (cm)	pH	C%	P ppm	Zn ppm	ppm	Cationes intercambiables (meq/100 g)			
							Ca	Mg	K	H
D1-erosionado	0-15	4,5	1,4	6	1,0	5,7	1,4	0,9	0,15	12,1
	15-30	4,6	1,3	<2	0,9	4,1	2,1	1,2	0,11	11,3
	30-60	4,5	-	<2	1,1	3,5	1,5	0,7	0,10	11,8
	60-90	4,5	-	<2	1,0	3,3	1,2	0,5	0,09	11,9
D2-noerosionado	0-15	5,3	2,6	33	3,5	31,0	5,2	2,1	0,32	8,3
	15-30	4,8	1,2	5	0,9	4,4	2,3	1,8	0,18	8,4
	30-60	4,7	1,0	3	1,9	4,2	1,8	1,3	0,19	8,1
	60-90	4,7	0,5	3	5,5	8,2	1,2	0,6	0,14	6,1

### Efectos de la erosión en la fertilidad del suelo

Los cambios en las propiedades del suelo, provocados por la erosión, producen alteraciones en el nivel de fertilidad del suelo y consecuentemente en su capacidad de sostener una agricultura productiva. Estos cambios según Stocking, pueden ser debidos a uno o más factores. El factor o factores que provocan los cambios y así limitan la productividad del suelo son denominados factores limitantes del suelo, define los principales factores limitantes del suelo en los sistemas de cultivo en regiones tropicales y los caracteriza cualitativamente en relación a la erosión. De esta manera se puede concluir que la productividad del suelo está relacionada a un gran número de factores limitantes físicos y químicos, que de una manera general componen la fertilidad del suelo. Otros conceptos clasifican los factores que causan la reducción de la productividad debido a la erosión del suelo en dos grupos principales [28]:

1. Disminución de los contenidos de materia orgánica y de nutrientes, y
2. Degradación de la estructura del suelo y disminución de la capacidad de retención de agua.

Otros factores también citados se refieren a la reducción de la profundidad efectiva del suelo y remoción no uniforme del suelo, a nivel de campo. [28]

El comportamiento de cada uno de estos factores puede variar principalmente de acuerdo al tipo de suelo. En el caso de suelos tropicales intensamente meteorizados, en los cuales los nutrientes están concentrados en la capa superficial, las pérdidas de nutrientes y de

materia orgánica no son estrictamente proporcionales a la profundidad además se observó disminución en los contenidos de materia orgánica y de fósforo y aumento de la cantidad de arcilla en la capa superficial del suelo (15 cm) cuando la erosión pasó de leve a severa el análisis se muestra en la tabla 2.6. Las alteraciones significativas de los contenidos de nutrientes y de aluminio tóxico en los 20 cm superficiales del suelo, después de tres años de erosión diferenciada, con lluvia natural. [28]

Tabla 2.6 Factores limitantes químicos del suelo, inducidos por la erosión, que provocan disminución en la productividad del suelo [28]

<b>Factores limitantes</b>		<b>Definición</b>
1.	Poca profundidad	Capas restrictivas en los primeros 50 cm del suelo. Se incluye los Litosoles
2.	Stress hídrico por 3 meses	Régimen de humedad ústicolar/aridico. Capa subsuperficial seca por más de 90 días consecutivos por año.
3.	Anegamiento (saturación) por 3 meses o más (*)	Régimen de humedad ácuico. Presencia de gleización Y moteaduras.
4.	Baja capacidad de retención de agua.	Humedad disponible menor que 10% en la capa de los primeros 50 cm /0,1-15 bares).
5.	Riesgo severo de erosión	Susceptibilidad a la erosión
6.	Riesgo severo de compactación.	Horizontes compactados o susceptibles a la compactación debido a la textura Y estructura
7.	Laterita/plintita	Plintita dentro de los primeros 125 cm
8.	Limitaciones a la mecanización.	Pendientes mayores que 30%; irregularidades topográficas.
9.	Baja temperatura del aire del suelo	Temperatura del aire media anual menor que 15°C.

### 2.2.7.2 Temperaturas del suelo

La reducción de la temperatura de la parte superior del suelo también beneficiará la germinación de la mayoría de las semillas. La temperatura del suelo no solo influye en la absorción del agua y los nutrientes por las plantas, la germinación de las semillas y el desarrollo de las raíces, sino también en la actividad microbiana y el encostramiento y endurecimiento del suelo. Las raíces absorben más agua cuando la temperatura del suelo aumenta hasta un máximo de 35 °C. Las temperaturas más altas limitan la absorción de agua. La temperatura ideal para la zona radical para la germinación y crecimiento de las varía entre 25 y 35 °C. [29]

Tabla 2.7 Factores limitantes físicos del suelo, inducidos por la erosión, que provocan disminución en la productividad del suelo [28]

Factores limitantes		Definición
1.	Baja capacidad de intercambio de cationes.	< 4 meq/1 00g solamente en la capa de los primeros 50 cm Alto potencial de lixiviación.
2.	Toxicidad de aluminio.	> 60% de saturación de Al o pH < 5.
3.	Toxicidad de manganeso (*)	>100 ppm de Mn en el extracto de la capa de los primeros 50 cm.
4.	Salinidad (*)	> 4 mmhos/cm en la capa de los primeros 50 cm.
5.	Sodicidad (alcalinidad) (*)	15% de saturación de Na en la capa de los primeros 50 cm.
6.	Deficiencia de N.	Síntomas en los cultivos.
7.	Deficiencia de K.	< 0,2 meq de K/1 00g solamente en la capa de los primeros 50 cm.
8.	Deficiencia de P	Determinación en el suelo relacionado con la oxigenia del cultivo

### Efecto de la temperatura en el suelo

Los efectos principales que causa la temperatura sobre el suelo están en la germinación de la semilla, como todos los procesos fisiológicos está afectado por la temperatura. Para cada clase de semillas existe una temperatura mínima y una máxima en la que ocurre la germinación. Además, dentro del rango temperatura mínima-máxima, existe un punto en el que se obtiene máxima germinación y ésta semilla tiene una germinación rápida; este punto corresponde a la temperatura óptima. Estas temperaturas se conocen como las temperaturas cardinales de germinación, que se muestran en las tablas 2.8 y 2.9. [30]

Tabla 2.8 Puntos cardinales de la temperatura para la germinación de algunas semillas [28]

Especie Nombre Vulgar y botánico	Mínimo (C)	Optimo (C)	Máximo (C)
Haba, Vacia faba	2 – 3	20 – 25	30 – 35
Trigo, Triticum aestivum	2 – 4	25	32
Lechuga, Lactuca sativa	3 – 5	15	25
Remolacha azucarera, Beta vulgaris	4 – 5	25	30
Maiz, Zea mays	8 – 10	32 – 35	40 – 44
Arroz, Oryza sativa	10 – 12	30 – 35	36 – 38
Algodón, Gossypium hirsutum	14 – 16	34 – 37	40
Melon, Cucumis melo	13 – 19	30 – 40	45 – 50

Tabla 2.9. Rangos de la temperatura edáfica para tasas de crecimiento de las raíces mayor o igual a 50 % de su máximo desarrollo [28]

Especie	Rango de temperatura	
	Bajo	Alto
<b>Lino</b>	10	31
<b>Alverja</b>	9	33
<b>Habichuela</b>	12	33
<b>Maíz</b>	17	37
<b>Fresa</b>	5	31
<b>Frijol</b>	12	32
<b>Calza</b>	16	32
<b>Avena</b>	9	32

### Rango de temperatura de germinación

Representa la capacidad que tiene una semilla para iniciar su germinación, de acuerdo a la temperatura máxima y mínima que se explica a continuación:

Temperatura mínima es cuando los procesos de germinación no se pueden detectar visualmente, dentro de un período razonable de tiempo; las bajas temperaturas que están por encima del punto de congelación no son letales a las semillas. [30]

Temperatura máxima, es cuando los mecanismos de germinación no operan y por lo tanto no se da crecimiento del embrión, es decir con la temperatura máxima es fácil de determinar los daños irreversibles a las semillas (excepción a esta regla son las semillas que entran en latencia a altas temperaturas). [30]

Temperatura óptima, es la temperatura a la cual se da el porcentaje máximo de germinación en un tiempo mínimo.

Tabla 2.10 Temperaturas cardinales de algunas semillas [30]

Cultivo	Temperatura mínima (°C)	Temperatura optima (°C)	Temperatura máxima (°C)
<b>Arroz</b>	10-12	30 – 37	40-42
<b>Maíz</b>	8-10	32 -35	40-44
<b>Trigo</b>	3-5	15 – 31	30-43
<b>Tomate</b>	20	20 – 35	35-40
<b>Soya</b>	8	32	40

### **2.2.7.3 Humedad del suelo**

Es la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, su medición exacta se realiza gravimétricamente que consiste en determinar la cantidad proporcionada de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra, eliminando todas las sustancias que interfieren y convirtiendo el constituyente o componente deseado en un compuesto de composición definida que sea susceptible de pesarse, pesando una muestra de tierra antes y después del secado.

El riego mejora marcadamente las condiciones de vida de los microorganismos y favorece la fertilidad del suelo. Al aumentar la humedad de los suelos (hasta un límite), los distintos grupos de microorganismos pasan del estado latente al estado activo y comienzan a desarrollarse intensamente. [31]

El agua y el aire en suelo son antagonistas y el exceso de agua siempre trae consigo la insuficiencia de oxígeno. Por ello, como los distintos procesos de mineralización de la materia orgánica transcurren más intensamente en condiciones aerobias, el exceso de humedad en el suelo crea condiciones desfavorables para su realización. [31]

Del contenido de humedad del suelo dependen: La velocidad de erosión de las rocas. Intensidad de los procesos físicos, químicos y biológicos. Formación de su estructura. Transportación de sustancias disueltas y en suspensión. Actividad vital de los microorganismos. [31]

El agua que al suelo llega, posibilita la disolución de las sustancias nutritivas, equilibra el balance aire-agua, regula la temperatura y posibilita un medio adecuado para el desarrollo microbiano y de las plantas cultivadas. [32]

Después de una lluvia abundante el agua llega a ocupar todos los poros del suelo. Se dice entonces que el suelo está saturado. A continuación, el agua tiende a moverse por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza. [32]

Cuando se alcanza este punto se dice que el suelo está a la Capacidad de Campo (C.C.), buena parte del agua retenida en la capacidad de campo. Puede ser utilizada por las plantas, pero a medida que el agua disminuye se llega a un punto en que la planta no puede absorberla. En este estado se dice que el suelo está en el punto de marchitez. La

diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez representa la fracción de agua útil disponible para el cultivo.

Los valores de la capacidad de campo y del punto de marchitez pueden expresarse en porcentajes de peso de suelo seco. Así, una capacidad de campo del 27% significa que 100 g de tierra seca retienen 27 g de agua, y una marchitez del 12% significa que, cuando se alcanza la marchitez de la planta, el suelo tiene 12 g de agua por 100 g de tierra seca. El agua útil (disponible) por la planta sería, 15 g de agua por 100 g de tierra seca. Cuanto más fina es la textura mayores son los porcentajes de agua en el suelo, tanto a la capacidad de campo como en el punto de marchitez. Una buena estructura del suelo también aumenta la fracción de agua útil. [32]

### **Contenido de humedad mínimo para que ocurra germinación.**

Cada especie necesita absorber un cierto mínimo de humedad para que ocurra germinación. Se ha encontrado que las semillas con alto contenido de proteína necesitan un contenido de humedad mayor que semillas con niveles bajos de proteína; esto se puede observar en los ejemplos mostrados en la tabla 2.11. [33]

Tabla 2.11 Contenido de humedad necesario para que ocurra la germinación de algunas semillas de especies cultivadas. [33]

<b>Cultivo</b>	<b>Contenido de Humedad</b>
Maíz ( <i>Zea mays</i> )	30.5%
Soya ( <i>Glycine max</i> )	50.0%
Remolacha ( <i>Beta ssp.</i> )	31.0%
Algodón ( <i>Gossypium spp.</i> )	50-55.0%
Higuerilla ( <i>Ricinus comunis</i> )	32-36.0%
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )	32-35.0%
Avena ( <i>Avena sativa</i> )	32-36.0%
Avena ( <i>Avena sativa</i> )	50-55.0%

#### **2.2.7.4 Acidez del suelo**

La acidez del suelo mide la concentración en hidrogeniones (H<sup>+</sup>). En los suelos los hidrogeniones están en la solución, pero también existen en el complejo de cambio proteínico. Así hay dos tipos de acidez: la activa o real (debida a los H<sup>+</sup> en solución) y otra de cambio o de reserva (para los H<sup>+</sup> adsorbidos), ambas están en equilibrio dinámico.



Si se eliminan  $H^+$  de la solución se liberan otros tantos  $H^+$  adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH.

Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente: naturaleza del material original, factor biótico, precipitaciones, complejo adsorbente (saturado en cationes ácidos o básicos).

Las propiedades químicas al medir la acidez del suelo son las que dependen de la parte más íntima del suelo, las más importantes desde el punto de vista de la génesis del suelo son la alteración mineral y la formación de nuevas especies, así como lo relativo a la destrucción de la materia orgánica fresca y la formación de las sustancias húmicas. Además, se deben considerar compuestos que, perteneciendo a la fase sólida del suelo, pueden pasar fácilmente a la fase líquida por ser extraordinariamente solubles, por lo que tienen una extraordinaria movilidad [34].

Tiene contenidos de diferentes sustancias importantes como macronutrientes (N, P, Ca, K, Mg, S) y micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Cl) para las plantas, o por dotar al suelo de determinadas características (Carbono orgánico, Carbonato cálcico, Fe en diferentes estados). Es lo que consideramos las sales solubles del suelo, que incluyen a aquellas cuya solubilidad es más alta que la del yeso y cuya consecuencia es la salinidad [34].

La salinización natural del suelo es un fenómeno asociado a condiciones climáticas de aridez y a la presencia de materiales originales ricos en sales, como sucede con ciertas plantas. No obstante, existe una salinidad adquirida por el riego prolongado con aguas de elevado contenido salino, en suelos de baja permeabilidad y bajo climas secos subhúmedos o más secos [34].

El contenido salino del suelo suele medirse de forma indirecta, dado que la presencia de iones en el agua la hace conductora de la electricidad, se utiliza la conductividad del extracto de saturación para estimar el contenido en sales solubles. Se entiende por extracto de saturación la solución extraída del suelo después de saturarlo con agua, buscando ponerlo en un punto cercano a su capacidad de campo, dada que esta es la situación más perdurable con una concentración mínima de sales. Un estado de mayor humedad presentaría una solución más diluida, pero de escasa duración temporal; un estado más seco elevaría la concentración, pero sería muy variable en el tiempo. La

conductividad eléctrica varía con la movilidad de los iones y por tanto con la temperatura, para obtener valores comparables siempre se mide a una temperatura fija de 25° C [34].

La presencia de sales ejerce una doble influencia en el suelo, por un lado, la posible toxicidad de algunos iones presentes como el sodio, y de otro lado el incremento en la presión osmótica de la solución que dificulta la absorción de agua por parte de las plantas, de hecho, su efecto se suma al potencial matricial; esto hace que los suelos salinos se comporten fisiológicamente como secos con un nivel de humedad apreciable [34].

#### **2.2.7.6 Porosidad del suelo**

La porosidad es el volumen que ocupan los poros y este se encuentra ocupado por gases y líquidos, con relación al volumen total ocupado por el suelo. La porosidad está inversamente relacionada con la densidad del suelo. [34].

El tamaño de los poros depende del tamaño de las partículas del suelo y del tamaño de los agregados de partículas. Hay cinco clases de porosidad en los suelos que son mostradas en la tabla 2.12, considerando los poros menores de 60  $\mu\text{m}$  y el porcentaje del volumen del suelo ocupado [34].

Tabla 2.12. Clasificación de la porosidad [34].

<b>Clase</b>	<b>% ocupado por poros</b>
Muy débilmente poroso	< 5.0
Débilmente poroso	5.0 – 9.9
Moderadamente poroso	10.0 – 14.9
Muy poroso	15.0 – 20.0
Extremadamente poroso	> 20.0

#### **2.2.7.7 La conductividad eléctrica y su influencia sobre los cultivos.**

Síntomas y daños por salinidad en los cultivos. La salinidad disminuye el crecimiento de los cultivos al ocasionar una disminución en la disponibilidad de agua, llegando a presentar síntomas similares a los provocados por una sequía, aun cuando se tengan niveles suficientes de humedad en el suelo. Los síntomas varían con los estados fenológicos de los cultivos, los cuales son más severos en las etapas iniciales de crecimiento de los cultivos, sobre todo durante la germinación de semilla. Los síntomas varían con los estados fenológicos de los cultivos, los cuales son más severos en las etapas

iniciales de crecimiento de los cultivos, sobre todo durante la germinación de semilla. Otros de los síntomas que se aprecian en los cultivos por altas concentraciones de sales son el retraso en el crecimiento y/o la presencia de distintas decoloraciones dependiendo de la especie, principalmente la coloración verde-azulada de la planta. La apariencia azulosa es resultado de una cubierta cerosa con un espesor poco común sobre la hoja y el color verde más intenso debido a una concentración de clorofila por unidad de superficie del follaje. En ocasiones, se generan clorosis en el follaje por el alto contenido de sales, asociado al uso de aguas de riego con alto contenido de bicarbonatos. [34]

No todos los cultivos tendrán la misma respuesta a un mismo nivel de salinidad, algunas especies producen rendimientos aceptables a niveles altos. Cultivos sensibles tienen rendimientos pobres al incrementar mínimamente la CE del suelo. La diferencia de estas especies está estrechamente relacionada con su fisiología, y para ser más precisos con la adaptación osmótica (reducen su potencial osmótico al igual que el agua salina) que tienen sus raíces para mantener el flujo de agua del suelo hacia ellas. [34].

La conductividad eléctrica del suelo es el parámetro indispensable en la agricultura de precisión; contiene la calidad del suelo y las propiedades físicas de la información. Por ejemplo: la sal, la humedad, la temperatura, el contenido de materia orgánica en el suelo y la estructura de la textura tienen un grado diferente de afectación en la conductividad eléctrica del suelo. El acceso efectivo a la conductividad eléctrica del suelo, para determinar los diversos parámetros de distribución de tiempo y espacio en el campo es significativo, por lo tanto, para la agricultura moderna de precisión basada en la información y la promoción del conocimiento realiza las bases en la C.E. [34]

#### **2.2.7.8 Conductividad Eléctrica Aparente del Suelo**

La conductividad eléctrica aparente ( $CE_a$ ) es la habilidad que un material tiene de transmitir o conducir una corriente eléctrica. [35]

El suelo puede conducir una corriente eléctrica por medio del agua intersticial que contiene electrolitos disueltos y por medio de los cationes intercambiables, que están localizados cerca de la superficie de las partículas del suelo cargadas, y que de esta manera son eléctricamente móviles en el suelo. [35]

RHOADES & CORWIN presentan un modelo de la conductividad del suelo que describe la conductancia por medio de tres caminos, actuando en paralelo, como muestra en la figura 2.3. [35]

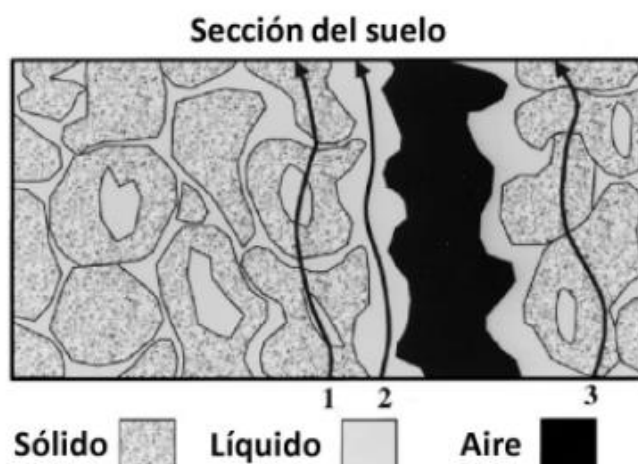


Figura 2.3. Conductancia del suelo

En la figura 2.3 se muestra 1.-Conductancia por medio de capas alternas de partículas del suelo y entre los límites de sus soluciones; 2.-Conductancia por medio de soluciones continuas en el suelo; 3.-Conductancia por medio o en superficie de partículas del suelo en contacto directo en ellas. Conductancia por medio de capas alternantes de partículas del suelo y entre los límites de soluciones. Conductancia por medio de soluciones continuas en el suelo; que sería el segundo camino. [35]

Conductancia por medio o en superficie de partículas del suelo en contacto directo entre ellas, y que, en ausencia de sales disueltas en el agua presentes en el segundo camino, esta vía o camino estaría bien correlacionada con la conductividad eléctrica del suelo (CEa), la textura y el contenido de agua en el suelo. [35]

Diversos autores describen que la CEa del suelo está influida por diversas propiedades del suelo como la porosidad, concentración de electrolitos disueltos, textura, cantidad y composición de los coloides (arcilla y materia orgánica), contenido de materia orgánica y contenido de agua. En materiales con pocas arcillas saturadas la propiedad principal medida a través de la conductividad eléctrica es la porosidad de la matriz del suelo, independiente de la distribución del tamaño de las partículas. Suelos con bajos contenidos de materia orgánica tienen elevada resistencia eléctrica, Por otra parte, algunos minerales (magnetita, hematita, carbono, grafito, pirita y pirotita) presentes en el suelo actúan como aislantes, pero aun en este caso hay una pequeña corriente eléctrica transmitida en el suelo

por medio de la superficie de las partículas, que favorece la medida de la CEa del suelo. [35]

Los suelos con un contenido elevado de humedad tienen una mayor CEa, varía fuertemente con la profundidad, la temperatura también afecta la CEa del suelo, el aumento de la temperatura en el suelo afecta a la viscosidad del agua y por lo tanto a la movilidad de los electrolitos disueltos en el suelo, aumentando la facilidad con la cual los iones se mueven en la solución del suelo. [35]

Las principales líneas de estudio de la CEa del suelo y los factores que influyen en la medida, están concentradas en tres propiedades principales: textura, humedad y salinidad, este hecho está favorecido por la buena correlación existente en la variabilidad espacial de estos factores en el suelo y los mapas de conductividad eléctrica aparente.

La medida de la CEa del suelo es un método de muestreo rápido, que favorece la obtención de datos sobre el suelo y la distribución espacial de las propiedades con las que está relacionada. La clasificación del suelo usando la CEa permite una base de datos efectiva para la delimitación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y que desempeñan un papel importante en los procesos de producción agraria y de conservación ambiental. De esta manera, estos datos son esenciales para la monitorización temporal del estado del suelo, y para una implementación de los procesos de gestión. [35]

La CEa del suelo ha sido medida mediante distintos métodos geofísicos, principalmente mediante inducción electromagnética y por contacto. [35]

### **2.2.8 Manejo agronómico de la Conductividad Eléctrica**

En agronomía, la CE se mide en el agua de riego o en la zona del suelo donde se expanden las raíces. Cada cultivo, por su característico sistema radical, es capaz de absorber, con más o menos facilidad, los nutrientes de la solución fertilizante estando ésta a una u otra conductividad eléctrica. [36]

Si la conductividad eléctrica de la disolución o de las raíces se encuentra por encima del óptimo para el cultivo y variedad en cuestión, la planta tendrá que esforzarse más para poder absorber nutrientes, esta situación conduce a la realización de un gasto de energía adicional por parte de la planta, y, en consecuencia, a la reducción del rendimiento

productivo. Por el contrario, si la conductividad eléctrica se encuentra en su valor óptimo, la planta podrá nutrirse sin gastar apenas energía. [36]

El gasto de energía realizado por la planta a la hora de absorber nutrientes, si se ahorra energía en la nutrición, la planta dispondrá de una mayor cantidad de ésta para realizar otros procesos fisiológicos tales como “engorde del fruto”. En definitiva, nuestro cultivo será más productivo y la rentabilidad de nuestra producción aumentará. [36]

Si una explotación dispone de un agua de riego de muy buena calidad ( $CE < 0,8 \text{dS/m}$ ), el agricultor puede fertirrigar con una mayor cantidad de fertilizante. De este modo, puede forzar más aún el ciclo de cultivo y la cantidad de producción. Por el contrario, si el agua es de mala calidad y limita la incorporación de fertilizante, quizás tenga que aportar la mayor parte del fertilizante de modo foliar. [36]

### **2.3 Sensor**

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar diferentes tipos de materiales, con el objetivo de mandar una señal y permitir que continúe un proceso, o bien detectar un cambio; dependiendo del caso que éste sea. Es un dispositivo que, a partir de la energía del medio, proporciona una señal de salida que es función de la magnitud que se pretende medir. Dentro de la selección de un sensor, se deben considerar diferentes factores, tales como: la forma de la carcasa, distancia operativa, datos eléctricos y conexiones, esto se realiza en tres fases: [37]

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

Los descriptores estáticos que se muestran a continuación definen el comportamiento en régimen permanente del sensor:

- ✓ Rango: valores máximos y mínimos para las variables de entrada y salida de un sensor.
- ✓ Exactitud: la desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida. El mayor error esperado entre las señales medida e ideal.
- ✓ Repetitividad: la capacidad de reproducir una lectura con una precisión dada.
- ✓ Reproducibilidad: tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se utiliza cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
- ✓ Resolución: la cantidad de medida más pequeña que se pueda detectar.
- ✓ Error: es la diferencia entre el valor medido y el valor real.
- ✓ No linealidades: la desviación de la medida de su valor real, supuesto que la respuesta del sensor es lineal. No-linealidades típicas: saturación, zona muerta e histéresis.
- ✓ Sensibilidad: es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada:
 
$$s = \partial V / \partial x$$
- ✓ Excitación: es la cantidad de corriente o voltaje requerida para el funcionamiento del sensor.
- ✓ Estabilidad: es una medida de la posibilidad de un sensor de mostrar la misma salida en un rango en que la entrada permanece constante.

## 2.4 Transductores

Son elementos que cambian señales, para la mejor medición de variables en un determinado fenómeno. [37]

Cualquier sensor o transductor necesita estar calibrado para ser útil como dispositivos de medida. La calibración es el procedimiento mediante el cual se establece la relación entre la variable medida y la señal de salida convertida. [37]

Los transductores y los sensores pueden clasificarse en dos tipos básicos, dependiendo de la forma de la señal convertida. Los dos tipos son: [37]

- Transductores analógicos.
- Transductores digitales
- Transductores inteligentes
- Transductores por cable.
- Transductores de desplazamiento.
- Transductores capacitivos
- Transductores potenciométricos.

*Los transductores analógicos* proporcionan una señal analógica continua, por ejemplo, voltaje o corriente eléctrica. Esta señal puede ser tomada como el valor de la variable física que se mide. Los transductores digitales producen una señal de salida digital, en la forma de un conjunto de bits de estado en paralelo o formando una serie de pulsaciones que pueden ser contadas. En una u otra forma, las señales digitales representan el valor de la variable medida.

*Los transductores digitales* ofrecen la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos. [37]

*Transductores inteligentes.* El transductor inteligente se puede programar para replicar al analógico y proveer incluso más señales, por lo cual la manipulación de datos de forma digital ofrece más ventajas

*Transductores por cable.* Convierten un desplazamiento lineal en una señal eléctrica proporcional. Se enrolla el cable de arrastre en un tambor mecanizado de alta precisión, un sensor angular fijado al tambor nos da la señal. Este montaje es muy simple. Sus aplicaciones principales son para los almacenes, invernaderos, control de elevadores y compuertas, ensayos dinámicos en la industria del automóvil, análisis modal de la aeronáutica, medida de suspensión en ferrocarril, pasarelas, etc.

*Transductores de desplazamiento.* Las regletas potenciómetras están diseñadas para el uso industrial en condiciones severas. Hay modelos con rótula a cada lado, que permiten mostrar estas regletas en aplicaciones con movimientos no lineales. Las regletas incrementales de tipo vástago son muy robustas con resoluciones entre 20 y 200 micras. Las regletas digitales son de tipo lector lateral con precisiones de entre 2 y 400 micras.



*Transductores capacitivos.* Se basan en la propiedad de los capacitores de placas paralelas para almacenar cierta diferencia de potencial que es proporcional a la superficie de las placas e inversamente proporcional a la distancia que las separa, considerando esto, el sensor tiene una capacidad de variación de modo lineal. Estos transductores se usan para aparatos de medición de vibraciones, o para dispositivos para medir el nivel de los líquidos en tanques metálicos. Este tipo de transductor tiene una excelente respuesta de frecuencia y puede medir fenómenos estáticos y dinámicos.

*Transductores potenciométricos.* Tienen su principio en la propiedad resistiva de los materiales conductores, la cual es proporcional a la superficie de este. Sus partes son, una escobilla que se mueve sobre un elemento resistivo, que está directamente unido al eje del sensor.

## **2.5 Arduino**

Es una plataforma de hardware libre, basado en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida y un entorno de desarrollo, diseñado para facilitar el uso de la electrónica, además es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source), flexibles y fáciles de usar. Está orientado para artistas, diseñadores y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos.

Entre las partes más importantes del microcontrolador se tiene:

- Un procesador programable que contiene una unidad lógica aritmética (ALU) y los registros necesarios para la ejecución de las operaciones, que soporta un conjunto de instrucciones reducido, optimizado y de alto rendimiento.
- Memoria flash (no volátil), para almacenar los programas del usuario.
- Memoria RAM para los datos del usuario. • Memoria ROM para datos persistentes.
- Puertos de entradas/salidas digitales.
- Puertos de entrada analógicos.
- Salida analógica PWM.
- Temporizadores internos.
- Comunicación serial, I2C y SPI,
- Estado de bajo consumo

El microcontrolador ejecuta las operaciones en sincronismo con una señal binaria de clock o reloj, a la velocidad de 8 a 32 MHz, dependiendo del modelo, que le provee un cristal de cuarzo.

## **2.5 Servidor Web**

Es un programa informático que procesa una aplicación del lado del servidor, realizando conexiones bidireccionales o unidireccionales y síncronas o asíncronas con el cliente y generando o cediendo una respuesta en cualquier lenguaje o aplicación del lado del cliente.

### Características

Servicio de ficheros estáticos: Todos los servidores web deben incluir, al menos, la capacidad para servir los ficheros estáticos que se hallen en alguna parte del disco. [38]

Seguridad y autenticación: La mayoría de los servidores web actuales permiten controlar desde el programa servidor los aspectos relacionados con la seguridad y la autenticación de los usuarios. [38]

Contenido dinámico: Uno de los aspectos fundamentales del servidor web elegido es el nivel de soporte que ofrece para servir contenido dinámico. Puesto que la mayor parte del contenido web que se sirve no viene de páginas estáticas, sino que se genera de forma dinámica, y esta tendencia se mueve claramente al alza, el soporte para contenido de tipo dinámico que ofrece un servidor web es uno de los puntos críticos en la elección. La mayor parte de los servidores web ofrecen soporte para CGI (se debe recordar que los CGI son el método más antiguo y sencillo para generar contenido dinámico). [38]

Servidores virtuales: Una prestación que gana aceptación y usuarios rápidamente, muy especialmente entre los proveedores de servicios de Internet y las empresas de alojamiento de dominios, es la capacidad de algunos servidores web de facilitar múltiples dominios con una única dirección IP, discriminando entre los diferentes dominios alojados en función del nombre de dominio enviado en la cabecera HTTP. [38]

Actuación como representantes: Algunos servidores permiten su uso como servidores intermedios (proxy servers). Se pueden usar los servidores intermedios para diferentes propósitos:

- Servir de aceleradores de navegación (uso como proxy-caché).

- Servir como aceleradores de acceso frontal para un servidor web, instalando diferentes servidores web que repliquen los distintos accesos a un servidor maestro (reverse-proxy o HTTP server acceleration).
- Como frontales a algún servidor o algún protocolo.

### **Arquitectura del servidor**

La arquitectura del servidor está dividido en dos capas:

#### **Capa servidor:**

Esta capa contiene *cinco subsistemas*, que son los responsables de implementar la funcionalidad de un servidor Web. Subsistemas:

*Subsistema de recepción:* representa la primera “línea de ataque” y su labor consiste en esperar las peticiones HTTP de los clientes que llegan por la red. También, analiza las peticiones y determina las capacidades de los navegadores (tipo de navegador, compatibilidad, etc.). Este subsistema contiene la lógica necesaria para manejar múltiples peticiones. [38]

*Analizador de peticiones:* encargado de traducir la localización del recurso de la red al nombre del archivo local. Por ejemplo, la solicitud del recurso `http://www.mec.es/` se traduce al fichero local `/var/www/webfiles/index.html`.

*Control de acceso:* sirve para autenticar y permitir el acceso.

*Manejador de recursos:* este subsistema es el responsable de determinar el tipo de recurso solicitado; lo ejecuta y genera la respuesta.

*Registro de transacción:* se encarga de registrar todas las peticiones y su resultado.

#### **Capa soporte:**

Esta capa actúa como una interface entre el sistema operativo y el servidor Web y, entre los propios subsistemas de la capa superior.

*Capa abstracta del Sistema Operativo (OSAL):* este subsistema encapsula el funcionamiento específico del sistema operativo para facilitar la portabilidad del servidor Web a diferentes plataformas.

Un servidor Web de fuente abierta consta de los siguientes elementos

### **Servidor Lamp**

El acrónimo LAMP está compuesto por las iniciales de sus cuatro componentes: Linux, Apache, MySQL y PHP. Estos forman la infraestructura en el servidor, que hace posible la creación y el alojamiento de páginas web dinámicas. Los componentes individuales se acumulan unos sobre otros, por lo que esta plataforma también recibe el nombre de LAMP stack (del inglés “apilar”). [38]

Su funcionamiento es muy simple. Linux sirve como sistema operativo base para ejecutar el servidor web Apache. Este último no puede interpretar contenidos dinámicos, pero es aquí donde PHP entra a ejercer sus funciones de programación del lado del servidor. El proceso funciona entonces de la siguiente manera: Apache le envía un código fuente al intérprete PHP, incluyendo la información correspondiente sobre las acciones del visitante de la web, y permite el acceso a la base de datos MySQL. El resultado es devuelto a Apache y este se muestra finalmente en el navegador web del visitante. [38]

Un servidor LAMP es la opción preferida por muchos por su bajo coste y su alta disponibilidad. Además, sus componentes individuales pueden ser reemplazados fácilmente por aquellos con las mismas funciones. Como sistema operativo se puede usar, por ejemplo, Windows (WAMP) o MacOS (MAMP). En vez de Apache, es común utilizar nginx como servidor web y en cuanto a gestor de bases de datos, MySQL y MariaDB son muy similares. Otros lenguajes de programación compatibles son Perl, Ruby o Python. [38]

### **Apache HTTP Server**

Es un servidor web libre y de código abierto, el más popular en cuanto a uso, sirviendo de facto como plataforma de referencia para el diseño y evaluación de otros servidores web.

## **MySQL**

Es un Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) relacional, que por lo tanto utiliza SQL, multihilo y multiusuario del que se estiman más de un millón de instalaciones.

## **PHP(acrónimo recursivo de "PHP: Hypertext Preprocessor")**

Es un lenguaje de programación diseñado para producir sitios web dinámicos. PHP es utilizado en aplicaciones del lado del servidor, aunque puede ser usado también desde una interfaz de línea de comandos o como aplicación de escritorio. [38]

## **2.5 Comunicación inalámbrica**

La comunicación inalámbrica es un método de transmisión de cualquier tipo de información de un punto a otro, sin utilizar ninguna conexión como cables, es decir, la información se transfiere desde el transmisor hacia el receptor utilizando ondas electromagnéticas, el medio de propagación puede ser el aire o la atmosfera.

### **Tipos de sistemas de comunicación inalámbrica**

En la actualidad las personas necesitan teléfonos móviles para muchas cosas como llamar, multimedia, etc. Todos estos servicios deben estar disponibles para el usuario mientras viaja, es decir, mientras el usuario es móvil. A demás se requiere de servicios inalámbricos para el hogar ya sea para acceder al internet o controlar algún dispositivo de forma domótica. Con la ayuda de estos servicios de comunicación inalámbrica, se puede transferir voz, datos, videos, imágenes, etc. [39]

Los Sistemas de Comunicación Inalámbrica también brindan diferentes servicios como videoconferencia, teléfono celular, buscapersonas, TV, Radio, internet de las cosas, etc. Debido a la necesidad de una variedad de servicios de comunicación, se desarrollan diferentes tipos de Sistemas de Comunicación Inalámbrica. Algunos de los importantes sistemas de comunicación inalámbrica disponibles en la actualidad son: [39]

- Televisión y Radiodifusión
- Comunicación por satélite
- Radar
- Sistema de teléfono móvil (comunicación celular)
- Sistema de posicionamiento global (GPS)
- Comunicación infrarroja

## **Tecnologías y estándares inalámbricos**

Existe en el mercado una gran cantidad de posibilidades para implementar una red inalámbrica, las cuales se agrupan en diferentes tipos de estándares y tecnologías. Cada una de estas tecnologías tiene sus propias características que la hacen adecuada para un tipo de aplicación u otra. De la misma forma, también existen distintas tecnologías aplicables al mismo tipo de uso y que coexisten debido a que han sido promovidas desde diferentes organismos de estandarización. A continuación se describen las más significativas, y las que han logrado una mayor penetración en el mercado. [40]

### **Bluetooth**

Es un enlace radio de corto alcance que aparece asociado a las Redes de Área Personal Inalámbricas (WPAN). Este concepto hace referencia a una red sin cables que se extiende a un espacio de funcionamiento personal con un radio de hasta 10 metros. Bluetooth trabaja en el rango de frecuencias de 2,402 GHz a 2,480 GHz (Banda ISM). Los terminales pueden estar en movimiento y no tener línea de vista entre sí; además, las velocidades de transmisión oscilan entre 720kbps y 1 Mbps. El estándar es un cruce entre las tecnologías DECT (Digital European Cordless Telephone) y el iRDA (infra Red Data Association). La principal aplicación del Bluetooth es la de conectar entre sí equipos informáticos y de comunicación portátil y móvil, como ordenadores, PDAs, impresoras, ratones, micrófonos, auriculares, lectores de código de barras, sensores, displays, localizadores, teléfonos móviles y otros dispositivos de electrónica de consumo. El objetivo es que todos estos equipos se puedan comunicar e interoperar entre sí sin interferencias. [40]

### **HomeRF**

La idea de este estándar se basa en el teléfono inalámbrico digital mejorado (Digital Enhanced Cordless Telephone, DECT). Los creadores de este estándar pretendían diseñar un aparato central en cada casa que conectara los teléfonos y además proporcionar un ancho de banda de datos entre las computadoras. HomeRF transporta voz y datos por separado, al contrario que protocolos como Wi-Fi que transporta la voz como una forma de datos. Trabaja a 2,4GHz pero cuenta con un método de salto de frecuencia (SSFH) para no interferir con conexiones Bluetooth. Su alcance es de 50 metros aproximadamente. Cabe resaltar que el estándar HomeRF posee multitud de capacidades de voz (identificador de llamadas, llamadas en espera, regreso de llamadas e intercomunicación dentro del hogar). [40]

## **UWB**

Es una tecnología WPAN que permite transmitir paquetes de información muy grandes (480 Mbits/s) en distancias cortas, de unos pocos metros. Los dispositivos wireless USB actuales son implementados con UWB. Esta tecnología difiere sustancialmente de las estrechas frecuencias de banda de radio (RF) y tecnologías “spread spectrum” (SS), como el Bluetooth y WI-FI. Además, usa un ancho de banda muy alto del espectro de RF para transmitir información. Por lo tanto, es capaz de transmitir más información en menos tiempo que las tecnologías anteriormente citadas. Mientras que Bluetooth, WiFi, teléfonos inalámbricos y demás dispositivos de radiofrecuencia están limitadas a frecuencias sin licencia en los 900 MHz, 2.4 GHz y 5.1 GHz, UWB hace uso de un espectro de frecuencia recientemente legalizado. UWB puede usar frecuencias que van desde 3.1 GHz hasta 10.6 GHz: una banda de más de 7 GHz de anchura. Cada canal de radio tiene una anchura de más de 500 Mhz, dependiendo de su frecuencia central. [40]

## **Zigbee**

Es una alianza sin ánimo de lucro de 25 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, con la finalidad de promover el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica bidireccional de bajo coste vía radio, para usarla en dispositivos de domótica, automatización de edificios (inmótica), control industrial, periféricos de PC o sensores médicos. Los miembros de esta alianza justifican el desarrollo de este estándar para cubrir el vacío que se produce por debajo del Bluetooth. Tiene velocidades comprendidas entre 20Kbps y 250Kbps y rangos de 10 m a 75 m. Puede usar las bandas libres ISM de 2,4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EEUU). Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos (frente a los 8 de Bluetooth), los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceiver dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas. Los módulos ZigBee están pensados para ser los transmisores inalámbricos más baratos producidos de forma masiva. Con un coste estimado alrededor de los 2 euros dispondrán de una antena integrada, control de frecuencia y una pequeña batería (dos pilas AA). [40]

## **WIMAX**

WiMAX (del inglés Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (IEEE 802.16) que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 50 km de radio (WMAN) sin necesidad de visión directa con las estaciones base. Funciona por debajo de los

11 GHz y alcanza velocidades de hasta 70 Mbps. Sus principales características son: — Se obtiene mayor ancho de banda en distancias mayores (hasta 50 km) permitiendo por tanto mayores coberturas. Además no requiere de visión directa. — Sistema escalable. El sistema está diseñado para que escale a varios cientos de usuarios cómodamente y además permite un uso flexible de frecuencias. [40]

## **2.6 Propuesta de Solución**

La elaboración del prototipo del sistema electrónico portable basado en la norma NTE INEN ISO 10381-5, encargado de la medición de: temperatura, humedad, pH y conductividad permite establecer las características de nivel de absorción, porosidad, acidez y salinidad presentes en el suelo además de la transmisión inalámbrica, recepción y almacenamiento de información en una base de datos para su análisis inmediato, mostrando los niveles de contaminación aproximados y las posibles acciones para la recuperación de dichos suelos.



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Modalidad de la Investigación**

El proyecto se desarrolló mediante una investigación aplicada para determinar los problemas que se presentan al cultivar en suelos erosionados o con alto índice de contaminación tomando en cuenta tanto en el aspecto económico, recursivo y temporal, para que la información más importante conlleve a proponer una solución integral basada en sistemas de control electrónicos de nueva generación.

La investigación tiene características bibliográficas, investigando métodos para la medición de contaminación de suelos y las pérdidas económicas que representan en los cultivos a través de libros, tesis previas, publicaciones científicas, fichas bibliográficas, fichas nemotécnicas e informes estadísticos.

En el proyecto se empleó la investigación de campo para obtener información relacionada a los métodos utilizados para los controles del índice de contaminación de suelos, verificando la efectividad de dichos procesos en distintas empresas dedicadas al estudio de este problema.

Se efectuó una investigación de tipo experimental para el manejo del dispositivo portable de medición que estarán sujetos a las pruebas pertinentes y la verificación de resultados en cuanto refiere a los procesos de medición de contaminación de suelos.

#### **3.2 Recolección de información**

Al ser una investigación de campo se empleó guías de observación valorando el proceso más óptimo de la medición del índice de contaminación de suelos y el análisis de los

mismos. Además, a través de la investigación bibliográfica se determinaron las técnicas más factibles para el manejo del sistema electrónico y estableces varias interfaces amigables para visualización de resultados y procesamiento de señales

### **3.3 Procesamiento y análisis de datos**

Una vez seleccionada la información necesaria se llevó acabo el siguiente procedimiento

- Elaboración de un análisis exhaustivo en base a los criterios obtenidos del marco teórico.
- Examinación de las posibles tecnologías para automatizar los procesos de medición de contaminación de suelos.
- Comparar el sistema de comunicación referente a la visualización de datos, las ventajas y desventajas del sistema o tecnología a emplear.
- Estructuración de una propuesta acertada con enfoque en la medición del índice de contaminación de suelos que estén aptos para el cultivo, mejorando la producción, y la visualización de los datos obtenidos dispositivos móviles.
- Validación de datos y presentación de resultados a través de diagramas o bloques estadísticos adecuados.
- Realizar un cuadro con las diferenciaciones entre los parámetros y porcentajes obtenidos por el sistema y los que actualmente se presentan.

### **3.4 Desarrollo del proyecto**

A continuación, se presenta el desarrollo de las actividades necesarias que se efectuaron para el proyecto de investigación

- Analizar las características principales de los parámetros de un suelo fértil y un suelo erosionado.
- Comparación de los métodos destructivos y no destructivos de la medición de contaminación de suelos.
- Determinar el hardware a utilizar para adquisición de datos y la evaluación de los parámetros de los suelos.
- Determinar el software para el procesamiento de señales adquiridas por el hardware.
- Diseñar el prototipo del sistema de medición de índice de contaminación de suelos.
- Desarrollar la programación y algoritmos para el control del sistema electrónico portable y el manejo de los resultados.
- Implementar una interfaz gráfica del dispositivo móvil de la medición del índice de contaminación de suelos.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo del sistema electrónico.
- Validar los resultados obtenidos a través de la medición de un suelo erosionado y un suelo apto para el cultivo por el sistema.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

#### **4.1 Antecedentes**

En la actualidad la tecnología de la mano de la electrónica ha invadido todos los campos de la actividad humana y ha transformado notoriamente la forma de vivir, trabajar y comunicarnos con los demás. Proporcionando información, y en general, buscando hacer que nuestro diario vivir sea más fácil, interesante y productivo. La elaboración del presente proyecto de investigación es de suma importancia, que se encuentra orientado a la implementación de un sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos, el cual consta con una parte de control, de visualización y transmisión, con el objetivo de realizar un muestreo efectivo y almacenamiento de información, para disminuir costos económicos en la producción agraria, debido al alto costo de análisis del índice de contaminación de suelos realizadas en laboratorios y el tiempo de respuesta de dichas pruebas, la misma que da valores que pueden ser disminuidos con la implementación de un sistema electrónico portable de medición de contaminación de suelos.

#### **4.2 Análisis de Factibilidad**

##### **Factibilidad Técnica**

El desarrollo del presente proyecto de investigación es técnicamente factible, debido a que las herramientas tecnológicas y elementos electrónicos existen en el mercado.

##### **Factibilidad Económica**

El desarrollo del proyecto de investigación es económicamente factible puesto que los gastos necesarios serán asumidos por el investigador.

## **Factibilidad Bibliográfica**

El presente proyecto es factible bibliográficamente puesto que la información necesaria es accesible desde distintas fuentes tales como libros, tesis relacionadas al tema, revistas científicas, artículos científicos, publicaciones en páginas web referentes al proyecto.

### **4.2 Análisis de requerimientos**

Los requerimientos del sistema hacen referencia a las características generales que ha de tener el producto final de la presente propuesta, tales requerimientos se detallan a continuación:

Procesamiento, el dispositivo debe tener una capacidad para la lectura de entradas analógicas y digitales; además sea programable y permita establecer condiciones de comparación entre los valores leído y los datos estandarizados,

Preciso el muestro del suelo, mediante las variables de humedad, pH, conductividad y temperatura, deben tener un grado de error mínimo, para establecer de una manera adecuada el valor del índice de contaminación.

Portable el dispositivo transmisor es manipulable y liviano, el cual puede ser utilizado en lugares de difícil acceso.

Interactivo el usuario final debe interactuar con los datos adquiridos en el suelo, para potenciar el análisis.

Rápido el funcionamiento del sistema debe ser fluido, si tiempos extensos de espera.

## Estructura General del sistema

En la figura 4.2 se muestra el análisis jerárquico del proceso de la elaboración del proyecto de investigación.

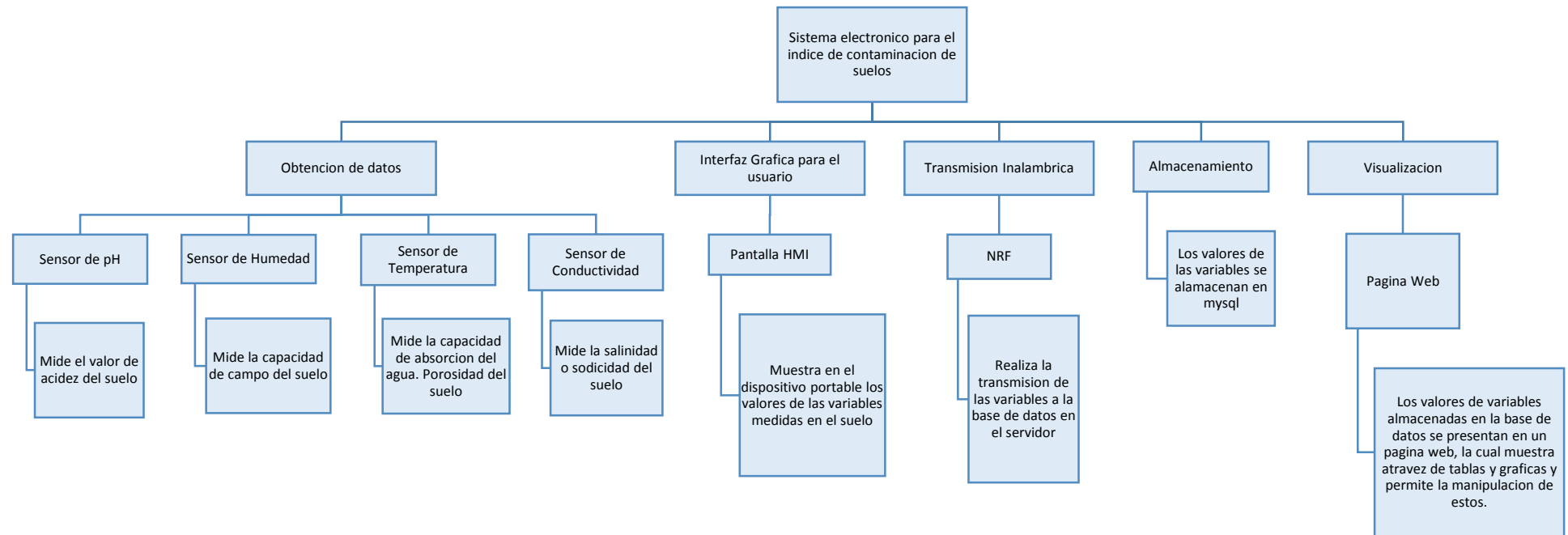


Figura 4.2 Organización Jerárquica des desarrollo de Sistema

Elaborado por Investigador

### Diagrama de bloques de las fases de desarrollo del sistema electrónico

El diagrama de bloques mostrado en la figura 4.1 describe las fases generales del sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos, orientado al análisis inmediato de una posible erosión, en esta estructura se hace el análisis de las variables a medir, la selección de los elementos adecuados para la elaboración del sistema.

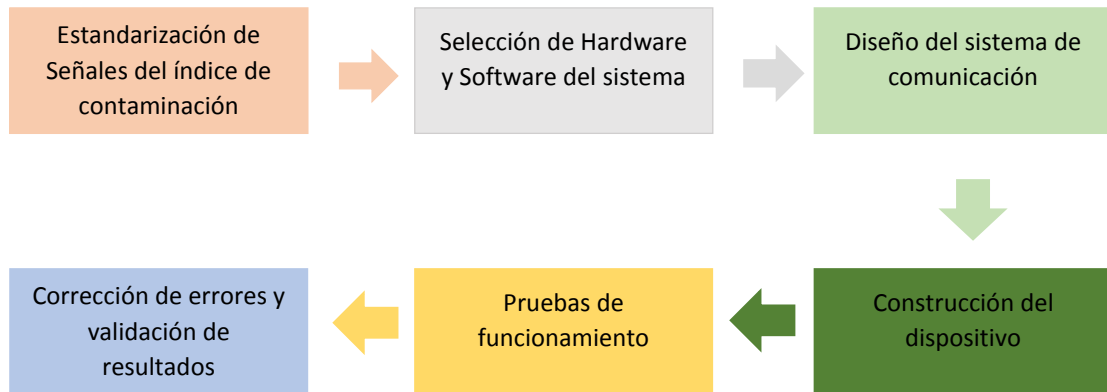


Figura 4.1 Fases de desarrollo del sistema electrónico  
Elaborado por Investigado

### 4.3 Estandarización de variables

El pH indica el grado de acidez de la solución del suelo, pero no la acidez total del suelo. El pH debido a la influencia que tiene sobre el desarrollo de las plantas y la fauna del suelo, incide además en la velocidad y calidad de los procesos de humificación y mineralización, así como en el estado de determinados nutrientes.

La acidez de los suelos se clasifica según sus valores en las categorías que se citan en la tabla 4.1, que se presenta a continuación:

Tabla 4.1 Clasificación de acidez del suelo [41]

<b>pH de solución del suelo</b>	<b>Categorías</b>
Menor de 4	Suelos extremadamente ácido
4.5 - 5.0	Suelos muy fuertemente ácidos
5.1 – 5.5	Suelos fuertemente ácidos
5.6 – 6.0	Suelos medianamente ácidos
6.1 – 6.5	Suelos ligeramente ácidos
6.6 – 7.3	Suelo neutro
7.4 – 7.8	Suelos medianamente básicos
7.9 – 8.4	Suelos moderadamente básicos
8.5 – 9	Suelos fuertemente básicos
Mayor 9.1	Suelos muy fuertemente básicos

El pH de un suelo influye en la mayoría de las reacciones de los suelos. Entre otras influencias se puede mencionar [40]:

- Incide sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos.
- El valor de pH neutro es el mejor para las propiedades físicas de los suelos.
- El valor de pH muy ácido se da intensa alteración de minerales y la estructura se vuelve inestable.
- El valor de pH alcalino, la arcilla se dispersa, destruyéndose la estructura, dando origen a malas condiciones físicas.
- El valor de pH influye la asimilación de nutrientes del suelo pudiendo bloquear cuando el pH es ácido o bien cuando es alcalino según el tipo de nutriente.
- El valor de pH entre 6 y 7,5 resulta ser el mejor rango para el buen desarrollo de las plantas.

### **Humedad**

La humedad establece los límites que definen la necesidad de agua de un cultivo para su óptimo desarrollo, en la tabla 4.2 se muestra la capacidad de campo de las texturas del suelo. El agua contenida en el suelo entre la capacidad de campo y el punto de marchitez es el agua capaz de absorber el sistema radical del cultivo, por lo que para el cálculo de las necesidades de agua es necesario tener en cuenta estos límites, que varían en función del tipo de suelo entre otros factores. [42]

Tabla 4.2 Capacidad de Campo de suelos según su textura. [42]

<b>CAPACIDAD DE CAMPO CC</b>	
Textura	Humedad %
Arenoso	6-12
Franco Arenoso	13-17
Franca	18-26
Franca Arcillosa	27-30
Arcillosa	31-39

### **Temperatura**

La temperatura del suelo no solo influye en la absorción del agua y los nutrientes por las plantas, la germinación de las semillas y el desarrollo de las raíces, sino también en la actividad microbiana y el encostramiento y endurecimiento del suelo; en la tabla 4.3 se muestra las condiciones del suelo de acuerdo a la temperatura. [43]

Tabla 4.3 Tabla de condiciones del suelo de acuerdo a la temperatura [43]

<b>Temperatura</b>	<b>Condiciones</b>
Mayor a 35 grados	Limitan la absorción de agua
De 25 a 35 grados	Zona ideal para la germinación y crecimiento
Menor a 25 grados	Absorción excesiva de agua

### **Conductividad**

La conductividad eléctrica mide la capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica al aprovechar la propiedad de las sales en la conducción de esta; por lo tanto, la CE mide la concentración de sales solubles presentes en la solución del suelo. Su valor es más alto cuanto más fácil se mueva dicha corriente a través del mismo suelo por una concentración más elevada de sales, la salinidad a menudo se confunde con sodicidad del suelo, pero son dos cosas completamente distintas, ya que estos suelos tienen diferencias significativas en sus propiedades químicas como se aprecia en la tabla 4.4.



Tabla 4.4 Clasificación de suelos afectados por sales de acuerdo con sus propiedades químicas. [43]

<b>Clasificación de suelos afectados por sales de acuerdo a sus propiedades químicas.</b>			
<b>GRUPO DE SUELOS</b>	<b>CE<sub>e</sub></b>	<b>Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)</b>	<b>pH del suelo</b>
<b>Salino</b>	>4	<15	<8.5
<b>Sódico</b>	<4	>15	>8.5
<b>Salino – sódico</b>	=4	>15	<8.5

En un suelo salino se acumulan cationes como sodio (Na<sup>+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), calcio (Ca<sup>+2</sup>) y magnesio (Mg<sup>+2</sup>), así como los aniones cloro (Cl<sup>-</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) y carbonato (CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>). Por otro lado, los suelos sódicos cuentan con altos contenidos de Na, pero no de las demás sales anteriormente enlistadas. [43]

#### **4.4 Índice de contaminación**

Se establece a través de la relación de las variables del suelo medido con valores preestablecidos de un suelo apto para la producción, mediante esta relación se establece los siguientes índices de contaminación:

##### **4.4.1 Índice de contaminación Alto**

Cuando el rango de pH es menor a 5.5, se establece un suelo ácido, el aluminio y el manganeso pueden volverse muy solubles y tóxicos y, además, reducir la capacidad de la planta para absorber fósforo, calcio, magnesio y molibdeno. Especialmente en los suelos ácidos, el fósforo no está disponible para las plantas.

El Rango de humedad 16-12 %, suelo arenoso pertenece a la categoría ligero debido a su textura leve y de granos. Este es el tipo más ligero de todos los suelos, y por lo tanto es propenso a la erosión por el agua y el viento si no existen plantas vivas en él. Su textura ligera a veces lo convierte en la elección de los jardineros que buscan una opción frente a suelos más pesados.

Rango de temperatura menos a 25 grados centígrados absorción excesiva de agua, pero drenaje inmediato.

Rango de conductividad menor a 4, sódico El exceso de Sodio intercambiable tiene efecto adverso sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo. Su resultado se traduce en reducción en los rendimientos de cultivos. Aumenta la dispersión del suelo.

#### **Alternativas de Solución**

La alternativa de solución es añadir cal a los suelos ácidos incorporándola al menos hasta 15 cm de profundidad. El pH aumentará entre 0,3 y 0,7 unidades por cada tonelada de cal de alta calidad añadida a una hectárea de suelo. El efecto puede durar unos 10 años. No añadir más de 2,5 t/ha ya que de lo contrario se podrían inducir deficiencias de zinc y manganeso; en suelos pobres en boro, su disponibilidad se podría limitar aún más.

#### **4.4.2 Índice de contaminación Ligero**

El rango de pH 4.6-6.5, cuando se tiene estos valores se encuentra deficiencia de boro, cobre y zinc y puede no estar disponible el fósforo.

Rango de Humedad 6-12 Arenoso, 13-17 franco arenoso su contenido de arena es un poco más que el óptimo, 18-26 franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango de temperatura menos a 25 grados centígrados absorción excesiva de agua, pero drenaje inmediato.

Rango de conductividad menor a 4, sódico El exceso de Sodio intercambiable tiene efecto adverso sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo. Su resultado se traduce en reducción en los rendimientos de cultivos. Aumenta la dispersión del suelo.

#### **Alternativas de Solución**

Añadir grandes cantidades de abonos orgánicos para amortiguar el pH del suelo, sobre todo donde el aporte de cal no sea posible.

Evitar el uso de fertilizantes acidificantes en suelos sódicos, mejorar el drenaje, incorporar yeso y usar en la rotación cultivos de raíces profundas como leguminosas y crucíferas que

lleven el yeso hacia abajo dentro del perfil del suelo. El yeso proporciona calcio que reemplaza el exceso de sodio. El azufre también se usa para acidificar el suelo.

#### **4.4.3 Índice de contaminación Neutro**

Rango pH 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

#### **4.4.4 Índice de contaminación Medio**

Rango de pH mayor a 7.3. El principal inconveniente de estos suelos es que presentan un alto contenido en carbonato cálcico, el cual va a impedir que la planta pueda absorber buena parte de los nutrientes del suelo. En consecuencia, si tenemos un suelo básico, por mucho fósforo que este tenga de forma natural, o por mucho hierro (sulfato de hierro) que apliquemos, la planta presentará carencias de fosforo y de hierro, puesto que estos elementos a pesar de estar en el suelo, se encuentran retenidos por el calcio, formando un compuesto insoluble que la planta no puede asimilar.

Rango de Humedad 13-17 franco arenoso su contenido de arena es un poco más que el óptimo, 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango temperatura mayor a 35 grados absorción excesiva de agua.

En la tabla 4.5 se muestra una tabla resumida de los diferentes tipos de índice de contaminación en relación a los valores de Ph, humedad, temperatura y conductividad del suelo.

Tabla 4.5 Diferentes índices de contaminación de suelo

Índice de Contaminación	PH	Humedad	Temperatura	Conductividad
ALTO	<5.5	Arenoso	< 25	Sódico
LIGERO	5.6 – 6.5	Arenoso, Franco – Arenoso Arcilloso	< 25	Sódico
NEUTRO	6.6 – 7.3	Franco	25-35	Sódico
MEDIO	>7.3	Franco – Arenoso Arcilloso	> 35	Sódico Salino – Sódico

Elaborado por Investigador basado en [17, 18, 20,]

#### 4.5 Norma NTE INEN 10381

Esta norma es una adopción modificada por traducción de la norma ISO 10381-4:2003, y trata sobre los procedimientos de muestreo para diversos propósitos en investigación de suelos. La terminología general usada está de acuerdo con la establecida por el comité de la ISO correspondiente, con la terminología de muestreo de la NTC 5099 (ISO 11074-2)

Esta norma describe el muestreo de suelos de:

- Sitios naturales y semi-naturales.
- Áreas usadas para agricultura (arable y pasturas).
- Áreas usadas para horticultura (incluidos jardines domésticos, lotes, etc.)
- Áreas usadas para cultivos intensivos, arbóreos, viñedos, etc.
- Áreas forestales y bosques.

#### Normas Generales

La toma de la muestra debe enviarse por separado, tantas muestras de tierra como rodales de diferentes tierras que haya en la parcela cuyas características interese conocer. La existencia de distintos rodales se nota por el color de la tierra, su capacidad padregosidad, rendimiento en cosecha, etc. Cuando la parcela sea homogénea, bastara con tomar una sola muestra media formada por 15 a 25 muestras individuales. Nunca deberá tomarse la muestra de un solo lugar, pues sería representativa de dicho lugar, pero no podría considerarse como muestra media representativa de la totalidad de parcela, como muestra media se considera la obtenida al mezclar 15 o 25 muestras individuales extraídas en

varios lugares del rodal y que habrá de tomarse recorriendo el campo o rodal en zigzag como muestra en la figura 4.3.

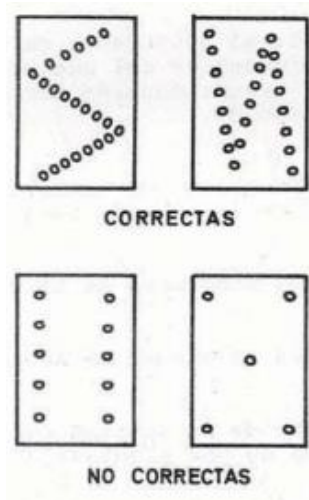


Figura 4.3 Método de toma de Muestras correcta e incorrecta [26]

#### **4.6 Análisis y selección de Hardware para el Sistema de medición del índice de contaminación**

Para la monitorización se necesita los siguientes componentes:

Una placa madre, esta placa es necesario que tenga una entrada USB, modulo Ethernet y una capacidad de 2 Gb mínimo, debe permitir instalar un sistema operativo e instalar un servidor web.

Para la toma de muestras del suelo se necesita los siguientes componentes:

Se requiere cuatro sensores, un sensor de conductividad de tierra, un sensor de pH del suelo, un sensor de temperatura y un sensor de humedad, estos deben censar al mismo tiempo para realizar el cálculo para medir el nivel de contaminación.

Para la transmisión de datos se necesita los siguientes componentes:

Se requiere un receptor y transmisor que sean compatibles con la placa controladora, y que sean de bajo consumo energético.

Para el análisis de datos se necesita lo siguiente:

Una placa controladora que disponga de entradas analógicas, salidas digitales, tx y rx, y un controlador que permita la realización de operaciones matemáticas.

#### 4.7 Software

Para controlar el sistema electrónico se necesita un software libre de fácil manipulación que sea compatible con dispositivos electrónicos como los sensores y sea adaptable para las necesidades del proyecto.

#### 4.8 Selección de elementos

#### 4.9 Hardware

Para la transmisión y recepción de los datos desde el nodo transmisor hacia el nodo receptor es necesario una placa electrónica microcontroladora. Esta debe tener pines de tx y rx, puertos spi para la comunicación, entradas analógicas y digitales para los sensores.

Tabla 4.6 Comparativa entre diferentes placas electrónicas

Parámetros técnicos	Arduino	NODEMCU	Microcontrolador PIC
Costo aproximado	\$ 16	\$ 13	\$ 6
Microcontrolador	ATmega 2560	RISC 32 bits MCU ESP 8266	PIC 16F628a
Pines E/S Digitales	54 y (6 son PWM)	16 pines GPIO	16
Pines de Entrada Analógica	16	1 de 10 bits (ADC)	4
Comunicaciones	SPI/I2C/UART	UART/SDIO/SPI/I2C	UART
Frecuencia de reloj	16 Hz	80 – 160 MHz	4 MHz (interno) 20 MHz (externo)
Memoria de Programa	256 Kb	96 Kb	2048 localizaciones de 14 bits
Memoria RAM	8 Kb	64 Kb	224 Bytes
Memoria Auxiliar EEPROM	4 Kb	-	128 Bytes
Voltaje de operación	5 V	3 a 3.6 V	5 V
Corriente de operación	40 – 50 mA	80 mA	25mA por Pin

Elaborado por Investigador

De acuerdo a los requerimientos del sistema para el procesamiento de la información en el nodo emisor y toma de valores se decidió después del análisis de las diferentes placas electrónicas existentes en la tabla 4.6, la placa electrónica arduino fue la seleccionada

debido a que tiene comunicación serial además de disponer pines estables para las comunicaciones SPI, entradas digitales y análogas.

Arduino es una plataforma de hardware libre, basado en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida y un entorno de desarrollo, diseñado para facilitar el uso de la electrónica.

Luego de la selección del tipo de hardware, procede hacer la selección del tipo de arduino que utilizaremos en el sistema. En la tabla 4.6 se muestra la comparación entre las placas controladoras con sus diferentes características técnicas.

Tabla 4.7 Características técnicas del hardware libre

	<b>Arduino Uno</b>	<b>Arduino Due</b>	<b>Arduino Mega</b>
<b>Voltaje de Operación</b>	3.3 - 5 v	3.3 v	3.3 - 5 v
<b>Voltaje de Alimentación</b>	7 - 12v	7 - 12v	7 - 12v
<b>Memoria Flash (KB)</b>	32	512	256
<b>SRAM (KB)</b>	2	96	8
<b>I/O digitales /PWM</b>	14/6	54/12	54/15
<b>Pines Analógicos</b>	6	12	16
<b>Compatibilidad con shields</b>	Al conectar la shield, no se puede utilizar los pines I/O	Mala (diferencias de pines y de voltaje)	Excelente, al conectar la shield quedan libres pines I/O
<b>Precios</b>	\$ 13	\$15	\$18

Elaborado por: Investigador

Luego de haber realizado el análisis de las características técnicas del hardware en la tabla 4.7, el arduino óptimo para la utilización en el sistema electrónico portable para el índice de contaminación de suelos, es el Arduino uno porque cuenta con las entradas y salidas analógicas y digitales, suficientes para satisfacer la implementación y su principal ventaja es su compatibilidad con los sensores y por su tamaño la placa de arduino uno se utilizará en el nodo transmisión.

### **Arduino uno**

La placa tiene un tamaño de 75x53mm como muestra en la figura 4.4. Su unidad de procesamiento es un microcontrolador ATmega328. Puede ser alimentada mediante USB o alimentación externa y contiene pines tanto analógicos como digitales.

- Microcontrolador ATmega328
- Voltaje operativo 5V
- Voltaje de entrada(recomendado) 7-12V
- Voltaje de entrada (limites) 6-20V
- Pines digitales E/S 14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)
- Pines de entrada analógica 6
- Corriente continua para pines E/S 40 mA
- Corriente continua para pines de 3.3V 50 mA
- Memoria Flash 32 KB (ATmega328) de los cuales 0.5 KB son para el bootloader
- SRAM 2 KB (ATmega328)
- EEPROM 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del reloj 16 MHz

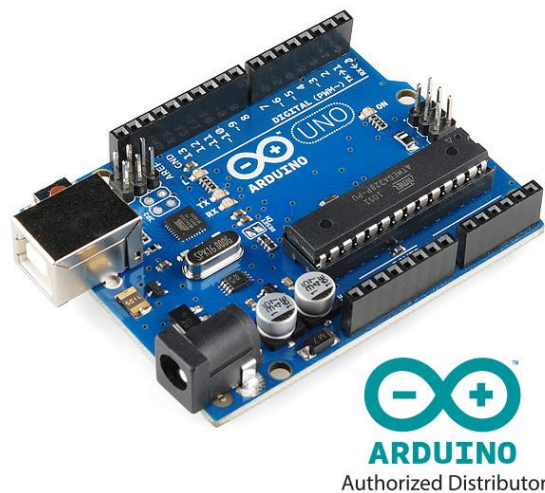


Figura 4.4 Arduino uno

Luego de realizar el análisis del dispositivo, se necesita un complemento para el dispositivo portable, una pantalla HMI, la cual no utilice la transmisión SPI, ya que la comunicación SPI es utilizada para la transmisión wifi mediante el NRF.

### **Pantalla Nextion 3.5**

Nextion es una solución para la interacción hombre – máquina (HMI) que proporciona una interfaz de control y visualización entre un humano, máquina y un proceso, Es la mejor solución para reemplazar la pantalla LCD. La pantalla Nextion mostrada en la figura 4.5, sólo utiliza un puerto serie para hacer la comunicación. El editor Nextion tiene componentes masivos tales como botones, texto, barra de progreso, slider, panel de



instrumentos, etc. para enriquecer el diseño de su interfaz. Es fácil de adaptar la familia Nextion HMI a los proyectos existentes, sólo tiene que proporcionar un protocolo UART.



Figura 4.5 Pantalla nextion 3.5 pulgadas [43].

#### Características

- Resolución 320 x 240
- RGB 65K fiel a los colores de la vida
- Pantalla TFT panel resistivo táctil
- Fácil interfaz de 4 pines a cualquier TTL Host Serial
- Memoria Flash 4M para Código de usuario, aplicaciones y datos
- Ranura para tarjeta micro-SD para actualización de firmware
- Área Visual: 57.6mm x 43.2mm
- Brillo ajustable: 0 ~ 180 ni, el intervalo de ajuste es de 1%
- Consumo de energía 5V 65mA.

La conexión eléctrica de la pantalla HMI con arduino uno se muestra en la figura 4.6

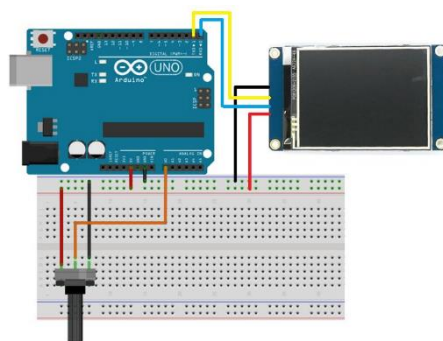


Figura 4.6 Conexión pantalla Nextion con Arduino [43].

## 4.10 Sensores

### 4.10.1 Sensor de Conductividad

Los sensores de conductividad de contacto miden la conductividad de una solución vía electrodos. Son ideales para usarlos en torres de enfriamiento y calderas, equipos de osmosis inversa y otras aplicaciones en la agricultura. Una variedad de constantes de celda estas disponibles para manejar un amplio rango de conductividades.

Las medidas de conductividad son ampliamente utilizadas en la industria. La mayoría de las aplicaciones involucran el tratamiento de agua, abarcan desde la desalinización a la producción de agua de alta pureza en las industrias de semiconductores y de energía. En la tabla 4.8 se muestra la comparación entre los sensores comerciales para la medición de la conductividad.

Tabla 4.8 Comparativa sensor de conductividad

CARACTERISTICAS TECNICAS	MEC 10	ML57M	ML272
<b>Sensor</b>	Temperatura Conductividad Humedad	Conductividad	Conductividad
<b>Señal de salida</b>	0-2 Voltios	Digital 16 bits comunicación I2C	4-20 mA
<b>Corriente de salida</b>	4-20mA	4-20mA	4-20mA
<b>Fuente de Alimentación</b>	3.6-30 VDC	5-12 V	Conexión directa a C.7685
<b>Compatibilidad</b>	Todo microcontrolador con entrada análoga / digital	Interfaz BTsc_1	Controladores C7685 C565.2
<b>Conexión</b>	Rojo (V+) Negro(G) Azul (T-H-C) Café (T-H-C)	Interfaz BTsc_1	Conexión directa a C.7685
<b>Rango de medición</b>	0-5000 us/cm 1000us/cm 2000 us/cm	0-20000us/cm	20 ms - 40mS
<b>Resolución</b>	0-10000 us/cm $\pm$ 3% 10000-20000 us/cm $\pm$ 5%	$\pm$ 2% a 25 °C	$\pm$ 0.3%
<b>PRECIO</b>	\$ 55	\$ 120 sin la interfaz	\$ 200

Elaborado por Investigador basado [30]

De acuerdo al requerimiento del proyecto, se necesita precisión para la medición de valores se selecciona el sensor MEC 10 que se muestra en la figura 4.7, debido a que se encuentra disponible en el mercado a un bajo costo, ofrece una señal de salida estable,

además su estructura permite ser utilizado en exteriores según las necesidades del proyecto.

Debido a las especificaciones en el data sheet del sensor, este puede ser utilizado para la medición de temperatura y humedad del suelo, es por eso que no se realiza la comparación de distintos sensores de humedad y suelo para el dispositivo.

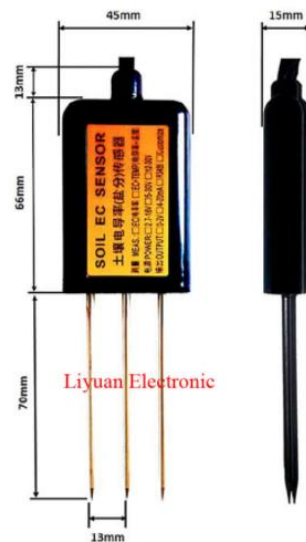


Figura 4.7 Sensor de Conductividad

### Características Técnicas

Las características principales que tiene el MEC10 para la comunicación y el voltaje de alimentación son:

#### RS485 comunicación

- Rango de fuente de alimentación: 3.6-30vdc
- Consumo de energía (estático): 6ma 24vdc

#### 0-2 V salida:

- Rango de fuente de alimentación: 3.6-30vdc
- Consumo de energía (estático): 6ma 24vdc

#### 4-20MA salida:

- Potencia, rango: 12-30vdc
- Consumo de energía (estático): 50ma 24vdc

## **Características generales**

Principio de medición y método de medición es la inserción en suelo o inmersión en la semilla, agua y fertilizantes; puede ser utilizado en cualquier campo debido a que cuenta con características para exteriores que se enlistan a continuación:

- Clase de protección: IP68, inmersión a largo plazo en el uso de agua
- Entorno operativo: -40 ~ 85c
- Longitud del cable: 2 M
- Dimensiones totales: 45\*15\*145mm
- Longitud del electrodo 70mm
- Longitud del cable: 2 M

## **Circuito electrónico sensor de conductividad**

La alimentación del circuito es de 3.5 a 12 voltios, el TLC 555 es utilizado como oscilador (modo astable), el principio de funcionamiento de este circuito es en base a la resistividad del medio, ya que mientras más resistivo sea este, menores oscilaciones producirá, por lo que podemos inferir que este medio es seco, en cambio cuando las oscilaciones producidas sean de mayor frecuencia podremos asumir que el medio es más conductivo ya que este conduce mucho mejor.

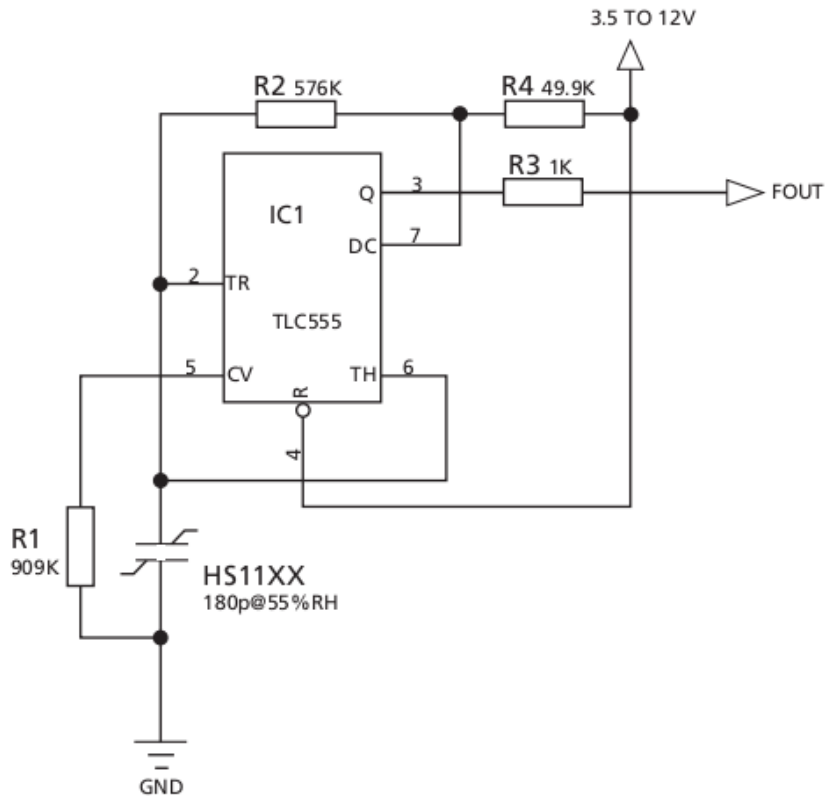


Figura 4.8 Circuito Electrónico sensor MEC 10

La ecuación característica para determinar el valor de temperatura, se muestra a continuación:

$$T = 60.0 * V_{out} - 40 \quad \text{Ec (1)}$$

Donde:

T= es la temperatura

Vout= es el voltaje de salida

La ecuación característica para determinar el valor de la humedad, se muestra a continuación:

$$H = 25 * V_{out} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

H= es la temperatura

Vout= es el voltaje de salida

La ecuación característica para determinar el valor de la conductividad, se muestra a continuación:

$$C = 2500 * V_{out} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

C= es la conductividad

Vout= es el voltaje de salida

En la tabla 4.9 se resumen las ecuaciones para determinar los valores de temperatura, humedad y conductividad, de acuerdo a su señal de salida y su rango de medición, aplicando las ecuaciones 1, 2 y 3.

Tabla 4.9 Resumen de ecuaciones para la medición de la temperatura, humedad y conductividad del suelo según su rango

MEDICION	0-2 V	4 -20 mA
Temperatura -40 °C a 80 °C	Temperatura=60.0*voltaje de salida -40	Temperatura= 7.5*corriente-70
Humedad 0-50 %	Humedad = 25*voltaje	Humedad= 3.125* (corriente-4)
Humedad 0-100 %	Humedad = 50*voltaje	Humedad= 6.25 * (corriente-4)
Conductividad 0-5000us/cm	Conductividad = 2500*voltaje	Conductividad=312.5* (corriente-4)
Conductividad 0-10000us/cm	Conductividad = 5000*voltaje	Conductividad=625* (corriente-4)
Conductividad 0-20000us/cm	Conductividad = 10000*voltaje	Conductividad=1250* (corriente-4)

Elaborado por Investigador basado [30]

#### 4.10.2 Sensor de pH

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] presentes en determinadas sustancias. En la tala 4.10 se realiza la comparativa entre dos sensores de pH comerciales.

Tabla 4.10 Comparativa Sensores Ph

<b>Especificaciones</b>	<b>SEN0161</b>	<b>GHL Profilux Ph Electrode BNC</b>
Alimentación	5V	4.5 V
Rango de medición	0-14 pH	0-14 pH
Medición de Temperatura	0-60 °C	0-60 °C
Precisión	± 0.1 pH (25°C)	± 0.05pH
Tiempo de respuesta	≤ 1min	≤ 1min
Sensor de pH	Con conector BNC	Con conector BNC
Tamaño del Modulo	43mm x 32mm	150mm
Costo	\$ 50.00	\$ 79.60

Elaborado por Investigador basado en [28]

De acuerdo a la necesidad el proyecto, se necesita medir el valor de pH del suelo es por eso que se seleccionó el sensor de pH SEN0161, a pesar de que las características técnicas entre los dos sensores son muy similares, el sensor analógico SEN0161 fue desarrollado especialmente para ser utilizado con arduino y su precio es más económico.

El sensor Ph SEN0161 mostrado en la figura 4.9 permite medir de forma sencilla el pH de un líquido gracias a su placa controladora que ofrece un valor analógico proporcional a la medición. El controlador tiene un potenciómetro multivuelta que permite la correcta calibración de la sonda.



Figura 4.9. Sensor pH arduino

#### 4.11 Comunicación

La comunicación inalámbrica es un gran avance tecnológico que evita la molestia del uso de cables, además ofrece la facilidad de acceder a la red desde cualquier lugar a través de

ondas electromagnéticas. En nuestro caso es de vital importancia la comunicación inalámbrica para el control de dispositivos externos y la interacción con la interfaz gráfica, debido a que realizamos comunicación unidireccional desde el lugar de toma de valores del suelo. Esta comunicación debe ser segura evitando completamente el riesgo de que alguna persona pueda acceder a la red, además debe tener bajas tasas de transmisión de datos y bajo consumo de energía. Por tal razón, en la Tabla 4.10 se presenta una comparativa de las comunicaciones inalámbricas.

Tabla 4.11 Comparativa de comunicaciones inalámbricas

	<b>WIFI</b>	<b>Zigbee</b>	<b>Bluetooth</b>
<b>Descripción</b>	WiFi significa fidelidad inalámbrica.	Comunicación inalámbrica similar al Bluetooth pero con mayor alcance.	Es una comunicación inalámbrica de corto alcance.
<b>Arquitectura</b>	WLAN (Red Inalámbrica de Área local)	WPAN (Red Inalámbrica de Área Personal)	WPAN (Red Inalámbrica de Área Personal)
<b>Estándar</b>	IEEE 802.11	IEEE 802.15.4	IEEE 802.15.1
<b>Velocidad</b>	Hasta 300 Mbps	Hasta 250 Kbps	3 Mbps
<b>Frecuencia</b>	(2,4 – 5) GHz	868 MHz (Europa) 900-9228 MHz (NA) 2,4 GHz (Todo el mundo)	2,4 GHz
<b>Alcance</b>	Hasta 100 metros	Hasta 100 metros	Hasta 30 metros
<b>Seguridad</b>	Moderada	Baja	Baja
<b>Consumo energético</b>	Elevado	Muy Bajo	Bajo
<b>Integrado en la RPI 3</b>	SI	NO	SI

Elaborado por Investigador basado en [26]

De acuerdo al requerimiento del proyecto se necesita la transición inalámbrica de los valores medidos por el prototipo hacia el nodo receptor, la comparativa de las comunicaciones inalámbricas ayudo a determinar la selección de la tecnología wifi para cumplir con este requerimiento, debido a que esta tecnología posee un largo alcance y dentro de esta tenemos los módulos de 2.4 Ghz de alcance medio.

#### 4.11.1 NRF

El **NRF24L01** es un pequeño transceptor inalámbrico de muy bajo consumo y muy fácil de utilizar que funciona en el rango de los 2.4 GHz. Puede enviar y recibir datos, pero no



puede hacerlo al mismo tiempo. Esto hace que se abarate su coste y su funcionamiento sea muy sencillo y robusto. Puedes utilizarlo en cualquier proyecto que necesite enviar y/o recibir datos de forma inalámbrica sin complicaciones. Lo ideal es tener una pareja y hacer un enlace completo. Es totalmente compatible con Arduino.

El **NRF24L01** se alimenta con 3.3V y su control de datos se realiza mediante el bus SPI, los pines toleran niveles de 5V, la conexión es directa a cualquier microcontrolador sin necesidad de ningún conversor de niveles. Tiene una antena integrada, pero no de mucho alcance. Lo normal unos 10 o 20 metros aproximadamente en interiores y en campo abierto igual algo más longitud, utiliza conexión SPI, en la tabla 4.12 se explica la conexión del NRF con el arduino uno y arduino mega., las características son:

- Chip NRF24L01 -
- Frecuencia: ISM 2.4 GHz
- Modulación: GFSK con control de ganancia automática
- Control de datos: SPI
- Velocidad: 250kbps, 1Mbps y 2Mbps (configurable)
- Alimentación: 1.9V a 3.6V
- Consumo: Transmisión: 11.3mA, recepción: 13.5mA @ 2Mbps, 900nA en power down y 26uA en standby.

La conexión es similar en las dos plataformas, de arduino uno y arduino mega; en la figura 4.10 se muestra el diagrama de conexión del arduino mega con el NRF.

Tabla 4.12 Conexión del NRF con arduino uno y arduino mega

<b>PIN</b>	<b>NRF2401</b>	<b>ARDUINO UNO</b>	<b>MEGA</b>
<b>GND</b>	1	GND	GND
<b>VCC</b>	2	3.3	3.3
<b>CE</b>	3	9	9
<b>CSN</b>	4	10	53
<b>SCK</b>	5	13	52
<b>MOSI</b>	6	11	51
<b>MISO</b>	7	12	50
<b>IRQ</b>	8	2	–

Elaborado por: Investigador basado [28]

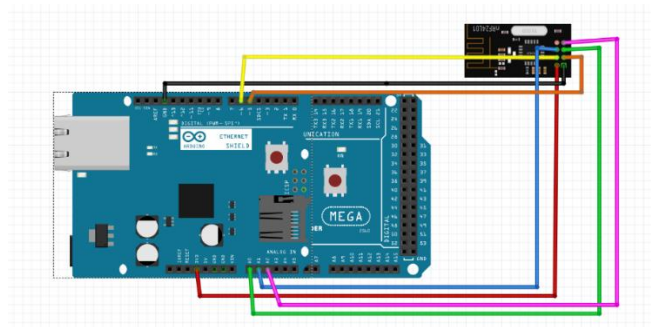


Figura 4.10. Diagrama de conexión NRF con arduino mega

#### 4.12 Hardware Servidor

Para facilitar la comunicación con el dispositivo portable, es necesario que la interfaz gráfica del usuario sea grande, fácil de manipular y accesible. Por tal razón se realizó una comparativa entre miniordenadores SBC (Single Board Computer o Computadora de placa reducida), como se muestra en la Tabla 4.13. Se tomó en cuenta diferentes parámetros técnicos y de soporte, con la finalidad de que brinden al sistema las mejores prestaciones.

Tabla 4.13 Comparativa entre mini-ordenadores (SBC)

Parámetros Técnicos	JaguarBoard	BeagleBone Black	Raspberry Pi 3
Costo aproximado	\$ 130	\$ 110	\$ 70
CPU	Intel Atom Z3735G @ 1.83 Ghz.	ARM AM335x @ 1GHz	Quad-Core ARMv8 @ 1.2GHz de 64 bits.
RAM	1 GB DDR3.	512 MB	1 GB
Memoria interna	16 GB	4 GB	No
Sistemas Operativos	Linux, Android, Windows	Debian, Android, Ubuntu, Cloud9	Raspbian, Ubuntu Mate, ArchLinux ARM, etc.
Conectividad	3 USB 2.0 HDMI 1.4 Ethernet	1 USB 2.0 Micro HDMI Ethernet	4 USB 2.0 - HDMI Ethernet - WIFI Bluetooth 4.1
Puerto GPIO	4 Pines GPIO	69 pines GPIO	1x40 pines GPIO
Comunicación	I2C – Serial Port	I2C – SPI – Serial Port	UART – SDIO – SPI – I2C – I2S
Fuente de Alimentación	5V – 2 A	5V – 2 A	5V – 2 A
Compatible con pantalla de 10”	No	Si	Si

Elaborado por Investigador basado [29]

Para el proyecto se necesita un servidor versátil y que puede ser instalado en cualquier lugar, en relación al análisis técnico realizado, se eligió la tarjeta Raspberry Pi 3 de modelo B como el controlador central, debido a que suministra la posibilidad de conectar pantallas grandes de hasta 10" (pulgadas) o mediante el puerto de conexión y cable HDMI se puede conectar a la pantalla de TV o PC, además las características que posee hace que se comporte como un mini-ordenador al cual se puede adaptar varios componentes, tales como: cámara, teclado, mouse, USB, parlantes, y otros periféricos, además gracias a sus pines GPIO se comporta como un dispositivo o tarjeta para el control del IoT (internet de las cosas).

### **Raspberry Pi**

Es un ordenador de placa reducida o (placa única) (SBC) de bajo costo, desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas, en la figura 4.11 se presenta el diagrama de los componentes y puertos.

El diseño incluye un System-on-a-chip Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz (el firmware incluye unos modos "Turbo" para que el usuario pueda hacerle overclock de hasta 1 GHz sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV, y 512 MiB de memoria RAM (aunque originalmente al ser lanzado eran 256 MiB). El diseño no incluye un disco duro ni unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación ni carcasa. El 29 de febrero de 2012 la fundación empezó a aceptar órdenes de compra del modelo B, y el 4 de febrero de 2013 del modelo A.

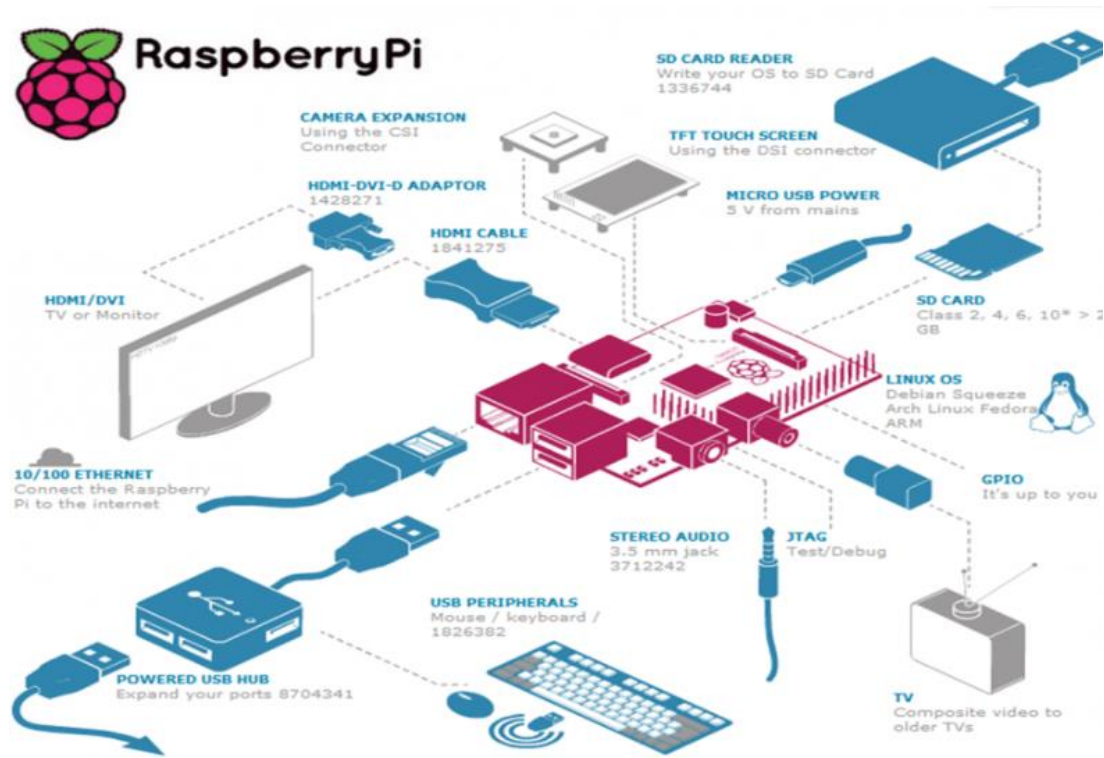


Figura 4.11 Diagrama de componentes y puertos rasperry pi

## Características

### Microprocesador:

- Chipset Broadcom BCM2387.
- 1,2 GHz de cuatro núcleos ARM Cortex-A53

### Unidad de procesamiento gráfico (GPU: Graphics Processor Unit):

- Dual Core VideoCore IV ® Multimedia Co-procesador. Proporciona Open GL ES 2.0, OpenVG acelerado por hardware, y 1080p30 H.264 de alto perfil de decodificación.
- Capaz de 1 Gpixel / s, 1.5Gtexel / s o 24 GFLOPs con el filtrado de texturas y la infraestructura DMA

RAM: 1GB LPDDR2.

### Conectividad:

- Ethernet socket Ethernet 10/100 BaseT

- 802.11 b / g / n LAN inalámbrica y Bluetooth 4.1 (Classic Bluetooth y LE)

Salida de vídeo

- HDMI rev 1.3 y 1.4
- RCA compuesto (PAL y NTSC)

Salida de audio:

- jack de 3,5 mm de salida de audio, HDMI
- USB 4 x Conector USB 2.0

Conector GPIO (General Purpose Input/Output) para entradas y salidas digitales:

- 40-clavijas de 2,54 mm (100 milésimas de pulgada) de expansión: 2×20 tira
- Proporcionar 27 pines GPIO, así como 3,3 V, +5 V y GND líneas de suministro

Conector de cámara de 15 pines cámara MIPI interfaz en serie (CSI-2)

Pantalla de visualización Conector de la interfaz de serie (DSI) Conector de 15 vías plana flex cable con dos carriles de datos y un carril de reloj

Ranura de tarjeta de memoria Empuje / tire Micro SDIO

### **Diagrama esquemático empleado en el dispositivo portable**

En la figura 4.12 se muestra la conexión de los sensores, indicadores y pantalla con la tarjeta controladora, en esta se adquieren los valores de las variables durante 20 segundos, realizando una media aritmética entre los valores adquiridos esto se lo realiza para disminuir el grado de error, durante ese lapso de tiempo el led indicador pasa encendido, luego las medias aritméticas de las variables adquiridas en el dispositivo son mostrados en la pantalla, posterior a eso son enviados a través del dispositivo wifi NRF, hacia el nodo receptor y posterior a esto se transfiere la información al nodo servidor.

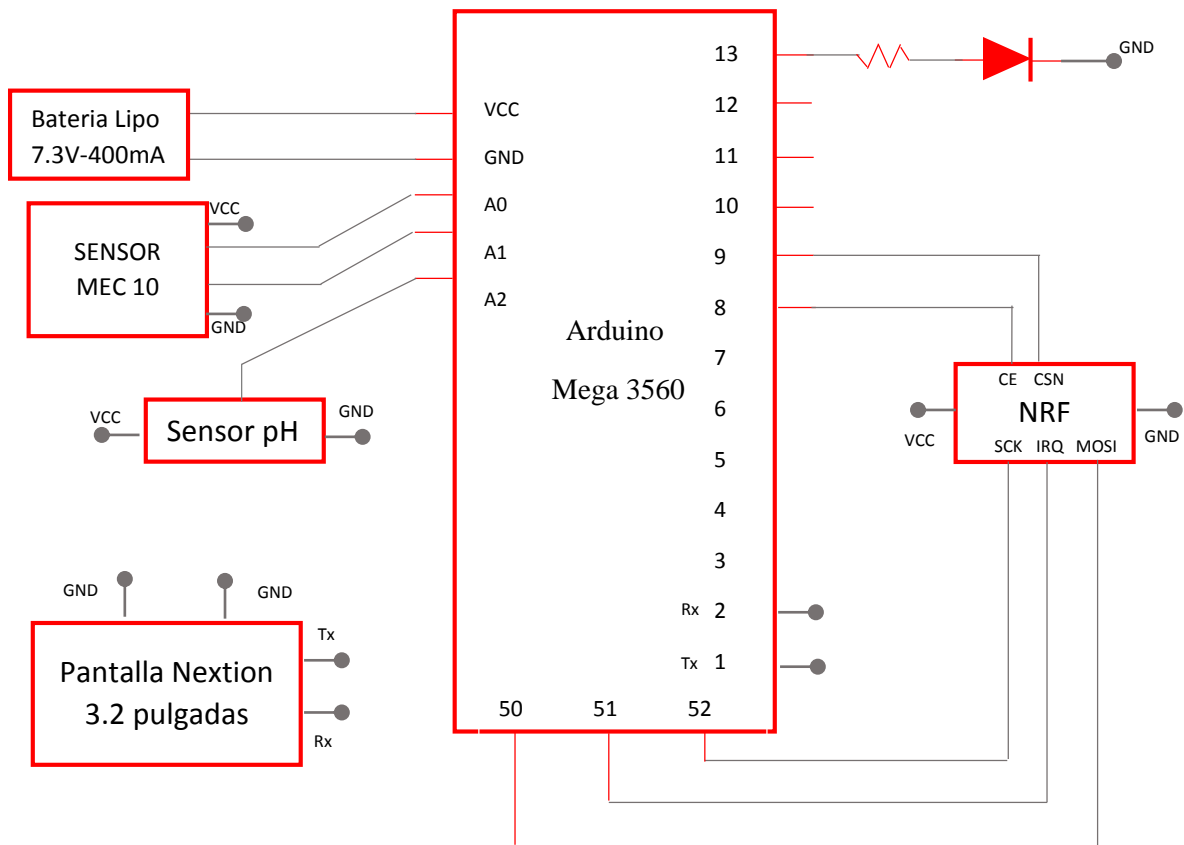


Figura 4.12 Circuito esquemático electrónico del dispositivo portable

Elaborado por Investigador

#### 4.13 Software Servidor

Para el almacenamiento y visualización de las variables adquiridas en el sistema inalámbrico se levanta un servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL Y PHP) que cumple con la función de un centro de datos de código abierto.

A continuación, en la tabla 4.14 se muestra un análisis comparativo de las distribuciones de Linux

Tabla 4.14 análisis comparativo de las distribuciones de Linux

Características	Debian	Ubuntu	Centos	Fedora	OpenSUSE
<b>Creador</b>	Ian Murdock	Canonical Ltd.	CentOS project	Fedora Project	SUSE
<b>Productor</b>	Debian Project	Canonical Ltd.	CentOS project	Fedora Project	Linux Novell Inc.
<b>Distribucion base</b>	-	Debian	Red Hat Enterprise Linux	Red Hat Linux	SUSE Linux
<b>Lanzamiento</b>	16/9/93	20/10/04	01/02/03 n	05/11/03	06/10/05
<b>Arquitectura</b>	x86, x86 – 64 Itanium	x86, x86-64 Itanium	x86, x86-64 Itanium	x86, x86-64	x86, x86-64
<b>Sistema de ficheros</b>	ext4	ext4	ext3	ext4	ext4
<b>Entorno de escritorio</b>	Eleccion del usuario	GNOME, KDE, XCFE	GNOME, KDE	GNOME	GNOME,KDE, XCFE YaST
<b>Gestor de paquetes</b>	APT (DEB)	APT (DEB)	YUM (RPM) 6	YUM (RPM)	(RPM)
<b>Ciclo de vida</b>	12 meses	9 meses	10 años	12 a 18 meses	36 meses
<b>Aplicaciones</b>	Multiuso, Producción	Escritorio Vanguardia	Servidores, est. De trabajo, Producción	Multiuso, Vanguardia	Escritorios, Vanguardia

Elaborado por Investigador basado [22]

Analizamos los parámetros descritos en la Tabla 4.13, se elige el sistema operativo raspbian debido a que en el proyecto de investigación el requerimiento de capacidad de procesamiento para base de datos y servidor se cumple porque es más fiable debido a que tiene un gestor de paquetes APT y el sistema operativo se basa en la potente distro Debian Wheezy (Debian 7.0) optimizando el código para la placa Raspberry Pi. La distribución es ligera para moverse ágilmente en el hardware, con un entorno de escritorio LXDE y Midori como navegador web predeterminado.

#### 4.14 Análisis de consumo energético

Para que el circuito funcione es necesario de una fuente de alimentación o batería, para alimentar nuestro prototipo se utilizó la batería lipo de 7.4 VDC con una corriente de 1000 mA, se eligió esta batería por su tamaño reducido y menor peso, es ideal en aplicaciones sumamente pequeñas, como es el caso de nuestro prototipo, puesto que debe ser liviano y pequeño para adaptar con facilidad al dispositivo portable. El cálculo de la vida útil o el tiempo que se demora la batería en descargar, se lo puede realizar utilizando la siguiente ecuación (1) de la potencia eléctrica.

$$P=V*I (1)$$

Ec. (3)

Donde:

P = Potencia en vatios (W)

V = Voltaje en voltios (V)

I = Corriente en amperios (A)

### a) Capacidad de la batería

Es necesario conocer cuántos vatios hora (Wh) almacena la batería, para ello se realizó el simple cálculo de la potencia eléctrica utilizando la ecuación 3, aunque en algunas baterías este dato viene en sus características eléctricas y no es necesario realizar este cálculo:

$$PotenciaBateria=V *I$$

$$PotenciaBateria=7.4 V *300mAh$$

$$PotenciaBateria=7.4 Wh (watts hora)$$

### b) Potencia total del circuito

Para poder realizar el cálculo de la potencia total del circuito, se revisó las características eléctricas de voltaje y corriente de cada uno de los dispositivos, posteriormente se aplicó la fórmula de la potencia eléctrica ecuación 3 y se realizó la Tabla 4.14, donde se muestra la potencia que suministra cada elemento y la potencia total que consume nuestro circuito.

Tabla 4.14 Potencia total que consume el circuito del dispositivo portable

<b>Dispositivo</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Corriente</b>	<b>Potencia</b>
Arduino mega	5 V	40 mA	0.2 W
MEC 10	2V	40 mA	0.8 W
Sensor pH	5 V	40 mA	0.2 W
Pantalla HMI	5V	65mA	0.325 W
Led	5V	20mA	0.1 W
		<b>Total</b>	1.625 W

Elaborado por Investigador



### c) Tiempo de descarga de la batería

Una vez obtenido el valor de la potencia de la batería y la potencia total que consume el circuito, se realizó el cálculo del tiempo que se demora la batería en descargarse completamente, para ello se utilizó la siguiente ecuación (2):

$$TiempoDescarga_{Bateria} = \frac{Potencia_{Bateria}}{PotenciaTotal_{circuito}} \quad Ec(4)$$

$$TiempoDescarga_{Bateria} = \frac{7.4 Wh}{1.625 W}$$

$$TiempoDescarga_{Bateria} = 4.55 h$$

La batería se descargará completamente en un tiempo de 4.55 horas aproximadamente, el usuario podrá realizar actividades externas o comunicarse sin inconvenientes durante ese lapso de tiempo, si la batería se descarga la persona que utilice el dispositivo la cargará y se volverá usar el prototipo sin ningún problema.

Si desea utilizar el prototipo por más tiempo entonces se necesita una batería con mayor capacidad, a continuación, se realizará un análisis para la batería de mayor capacidad.

### Análisis de batería con capacidad de 2200 mA

Para el análisis del tiempo que se demora en descargar la batería con 7.4 V y capacidad de 2200 mAh, se realizó los mismos cálculos presentados anteriormente:

#### a) Capacidad de la batería

Para calcular la potencia de la batería se utilizó la fórmula de la potencia eléctrica como muestra en la ecuación 3:

$$Potencia_{Bateria} = V * I$$

$$Potencia_{Bateria} = 7.4 V * 2200 mA$$

$$Potencia_{Bateria} = 16.28 Wh \text{ (watts hora)}$$

#### b) Potencia total del circuito

La potencia total que consume el circuito del prototipo no varía, por lo tanto, se tiene 1.625 W (watts) de consumo.

### c) Tiempo de descarga

Finalmente, como ya se conoce la capacidad de la batería y la potencia total del circuito, entonces se procedió a realizar el cálculo del tiempo de descarga de la batería, usando la ecuación 5:

$$TiempoDescarga_{Bateria} = \frac{Potencia_{Bateria}}{PotenciaTotal_{circuito}} \quad Ec(5)$$

$$TiempoDescarga_{Bateria} = \frac{16.25 Wh}{1.625 W}$$

$$TiempoDescarga_{Bateria} = 10 h$$

Esta batería ofrece una durabilidad de 10 horas aproximadamente, pero se debe tomar en cuenta que la batería que proporciona mayor capacidad también tiene mayor peso. En este caso el peso de la batería de 2200 mAh es de 139 gramos, mientras que la batería de 300 mAh tiene un peso mucho menor que es de 25 gramos, para realizar nuestro prototipo se utilizó la batería con menor peso.

### 4.15 Diseño del Sistema Electrónico Portable

El sistema se distribuye en tres etapas fundamentales que se explican en la figura 4.13.

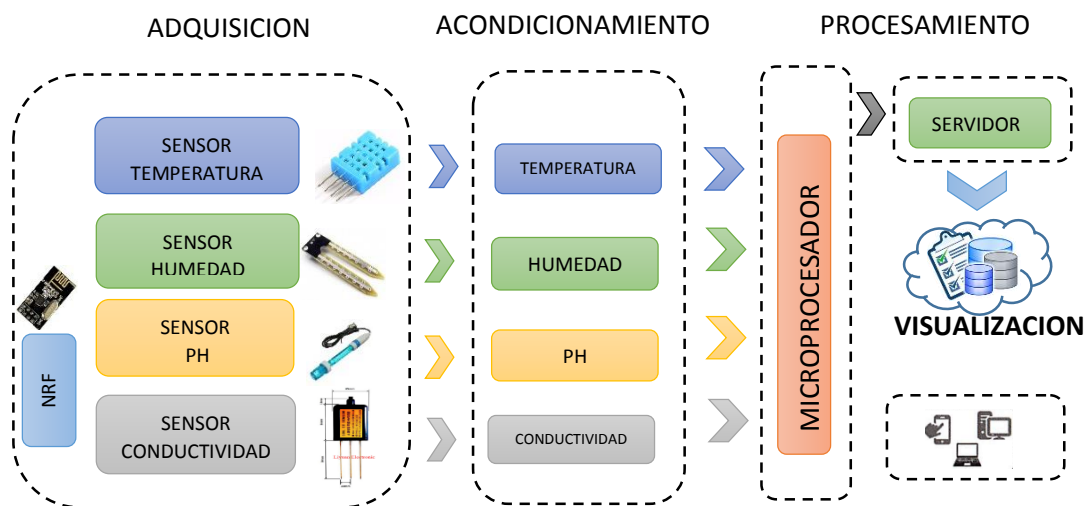


Figura 4.13. Arquitectura del sistema  
Elaborado por: Investigador

El sistema está compuesto por un servidor, el cual tiene una base de datos; el nodo transmisor se encarga de enviar los datos tomados en el suelo, y el nodo receptor adquiere esos datos a una distancia máxima de 10-20 m. Los datos son enviados a la red para ser transmitidos al servidor, este se encarga de almacenarlos en la base de datos y realizar el

análisis de cada una de las variables obtenidas, para determinar el índice de contaminación.

### Adquisición

En esta etapa el dispositivo portable realiza el proceso de toma de datos que se explica en el diagrama de la figura 4.14; realiza las mediciones de las variables de temperatura, humedad, pH y conductividad, este dispositivo puede ser utilizado hasta una distancia máxima de 20 metros del servidor; el dispositivo se encarga de realizar las mediciones durante un tiempo de 20 segundos.

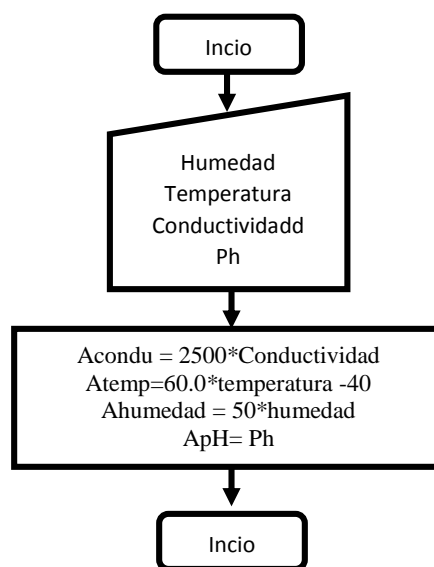


Figura 4.14 Diagrama Adquisición  
Elaborado por Investigador

### Acondicionamiento

En esta etapa los sensores al ser dispositivos electrónicos, tiene una etapa de acondicionamiento, los cuales permite parametrizar de acuerdo a las condiciones que van a ser expuestas. Mediante esta parametrización podemos calibrar la exactitud de los valores que van a ser adquiridos en los suelos agrícolas, permitiendo disminuir el grado de error. Este proceso se muestra en el diagrama mostrado en el diagrama de la figura 4.15.

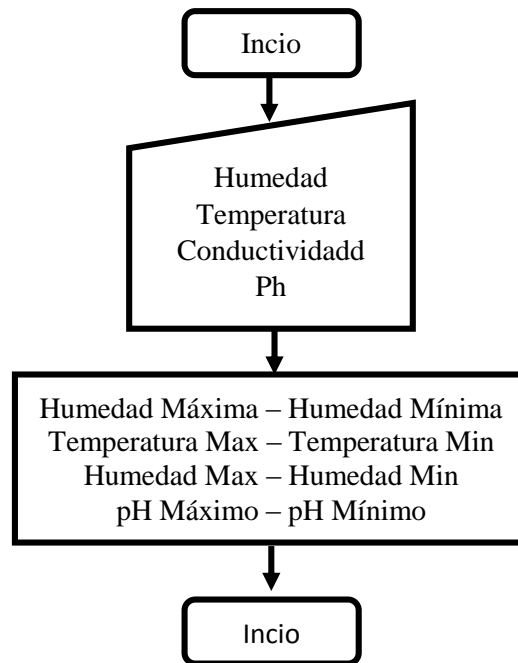


Figura 4.15 Diagrama acondicionamiento del sistema  
Elaborado por Investigador

### Procesamiento

En esta etapa las variables adquiridas y acondicionadas por los diversos sensores, son procesadas mediante los valores normalizados establecidos en la tabla 4.5, este proceso se muestra en el diagrama de la figura 4.16, además se muestra el procesamiento de las variables según las siguientes características:

*Capacidad de campo*, establece una condición de textura arenosa, arcillosa, franco y franco arcilloso esto de acuerdo a un rango establecido de humedad.

*Acidez del suelo*, establece una relación entre la acidez y el de solución del suelo; de acuerdo al valor que genera el sensor entre 0 a 14, se establece las categorías del suelo, que pueden variar entre un suelo fuertemente ácido, medianamente ácido, suelo básico, y ligeramente básico.

*Temperaturas del suelo*, establece una relación entre la temperatura y la absorción de agua, el sensor realiza mediciones de 0 a 50 grados centígrados, mediante la relación se establece si el suelo tiene una limitada absorción de agua, absorción excesiva de agua o es una zona ideal para la germinación y crecimiento.

*Salinidad en los suelos*, establece una relación entre la conductividad eléctrica y salinidad del suelo, el sensor realiza la medición de la conductividad, mediante la relación se establece la clasificación del suelo si este es: salino, sódico o salino-sódico.

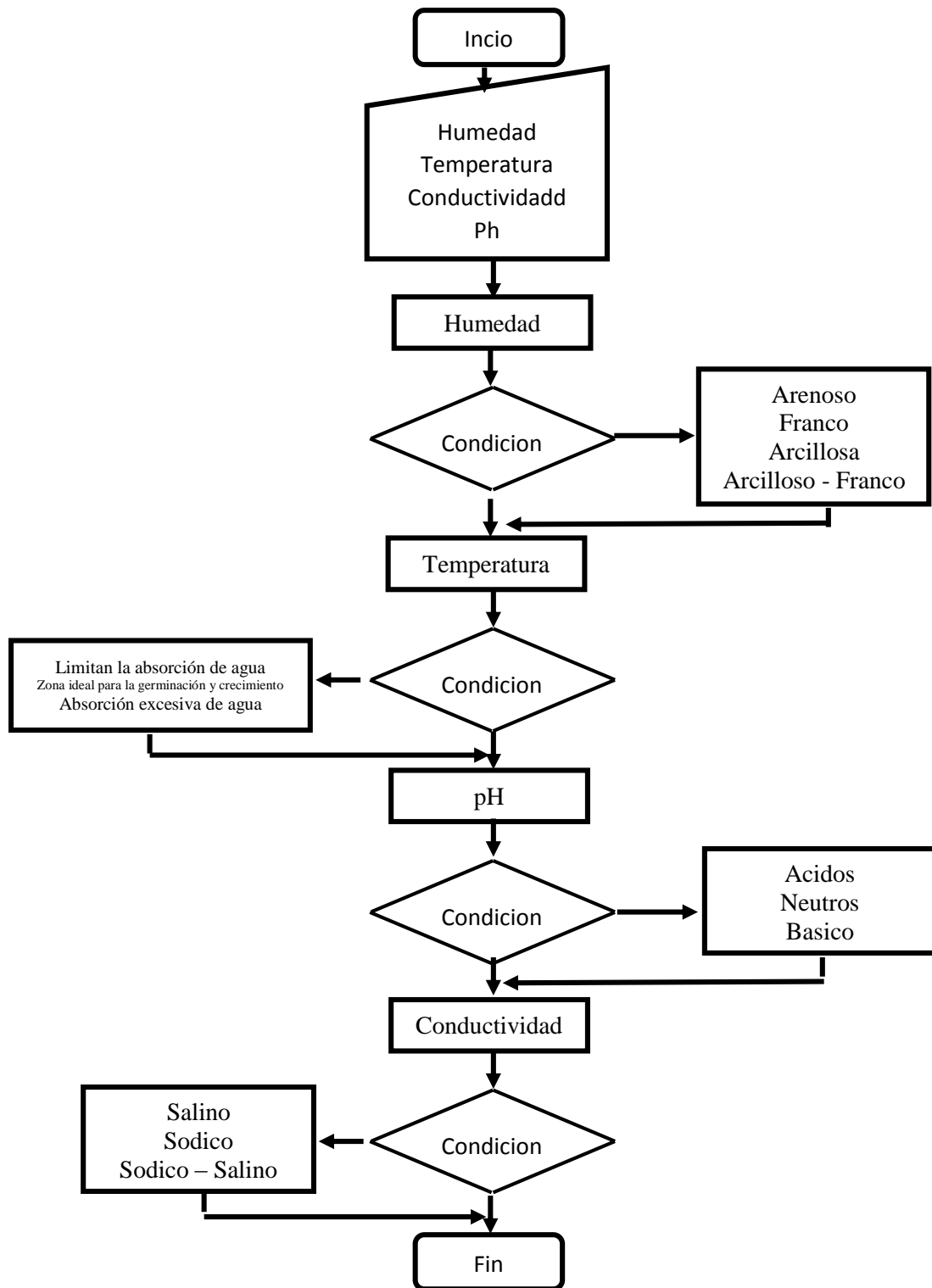


Figura 4.16 Diagrama Procesamiento del sistema  
Elaborado por Investigador

## **Visualización**

Los datos adquiridos por el dispositivo son visualizados en una pantalla HMI y son enviados a una base de datos, para ser presentados en el servidor con el análisis pertinente de acuerdo las tablas y rangos establecidos.

### **4.16 Descripción general del sistema**

El sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos, tiene como finalidad innovar el monitoreo de los suelos agrícolas y otros, mediante el análisis de las siguientes variables: temperatura, humedad, pH y conductividad. El sistema consta con 3 sensores los cuales realizan las mediciones indicadas, estos valores serán mostrados en una pantalla táctil de manera interactiva, que permite analizar los datos por el usuario. Los datos adquiridos son enviados mediante comunicación wifi, hacia el servidor en una tarjeta de software libre, el cual presenta los valores en una página web de manera específica y almacena los valores tomados, para realizar el análisis general en caso de ser necesario en suelos de grandes extensiones. En la figura 4.17 se muestra el diagrama del sistema electrónico portable para medir el índice de contaminación de suelos.

### **4.17 Programación placa arduino mega**

Para lograr la medición del índice de contaminación de suelos se requiere programar los comandos en base línea de código que logren cumplir con el objetivo establecido. Para ello se debe conocer cuál es la sintaxis del lenguaje de programación, a continuación, detallamos la programación para la medición de los sensores en el diagrama 4.17.

La programación inicia por el acondicionamiento de las variables la cual se realiza a través de la instalación de las librerías, luego se acumulan 10 mediciones de cada variable, con estas variables acumuladas se realiza la media aritmética de cada una de ellas; se visualiza las medias aritméticas en la pantalla HMI, al mismo tiempo se envía al nodo receptor a través de los módulos NRF wifi, en el nodo receptor se compara los valores de cada una de las medias aritméticas con los valores preestablecidos de humedad, conductividad, pH y temperatura, para determinar el índice de contaminación del suelo, las medias aritméticas y el índice de contaminación son enviados al nodo servidor y se suben a la base de datos, y son presentados en la página web.

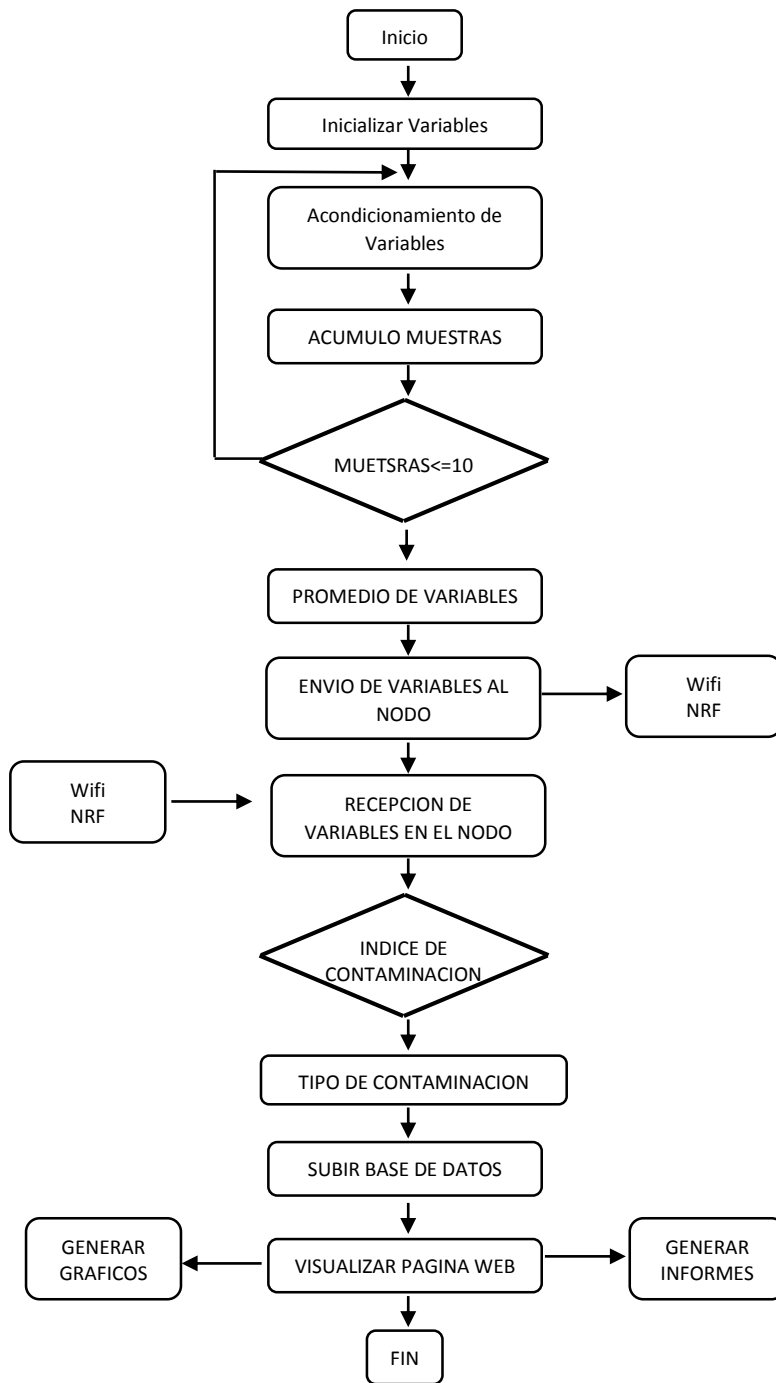


Figura 4.17 Diagrama sistema completo

Elaborado por Investigador

## Desarrollo del programa para el control de los sensores

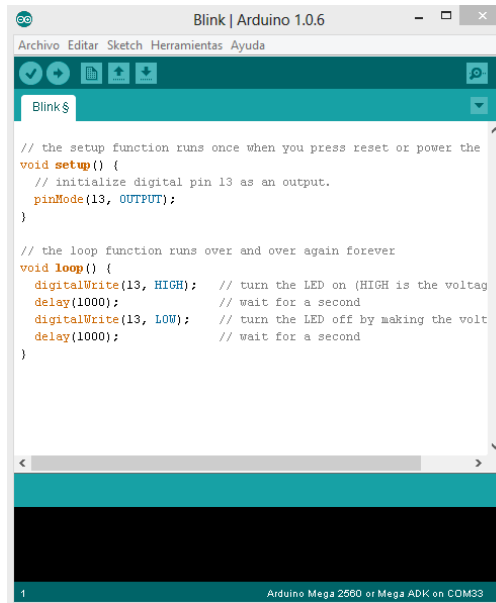


Figura 4.18 Ejemplo de programación en arduino IDE

### Sensor Humedad

```
int valorHumedad = map(analogRead(sensorH), 0, 1023, 100, 0);
Serial.print("humedad.val=");
Serial.print(valorHumedad);
ff();
```

### Sensor Temperatura

```
To = ((analogRead(sensorT)*2) / 1023)*7.5-70;
Serial.print("temperatura.val=");
Serial.print(To);
ff();
```

### Sensor Ph

```
Po = (1023 - analogRead(sensorP)) / 73.07;
Serial.print("ph.val=");
Serial.print(Po);
ff();
```

### Sensor Conductividad

```
Co = (analogRead(sensorC)*2/1023)*50;
Serial.print("cdtv.val=");
Serial.print(Co);
ff();
```

### Programación completa Anexo A



## 4.18 Diseño y programación de la interfaz HMI

Diseño pantalla HMI del prototipo



Figura 4.19. Pantalla de inicio Nextion

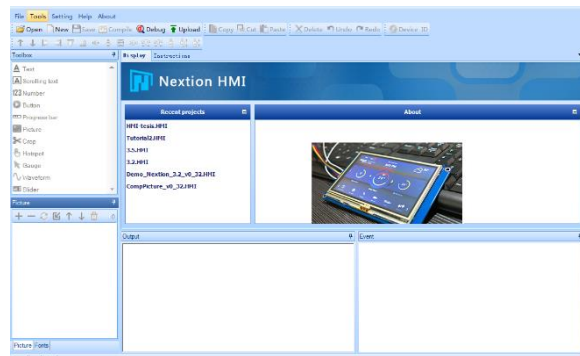


Figura 4.20 Entorno grafico Nextion

Se diseña un HMI nuevo y colocamos textos label para las etiquetas y los valores tomados desde el arduino y presentados en la pantalla

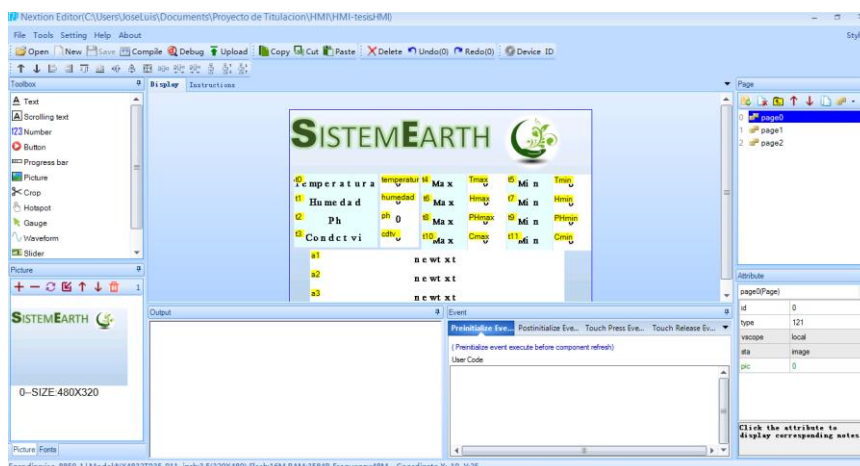


Figura 4.21. Creación pantalla HMI en nextion

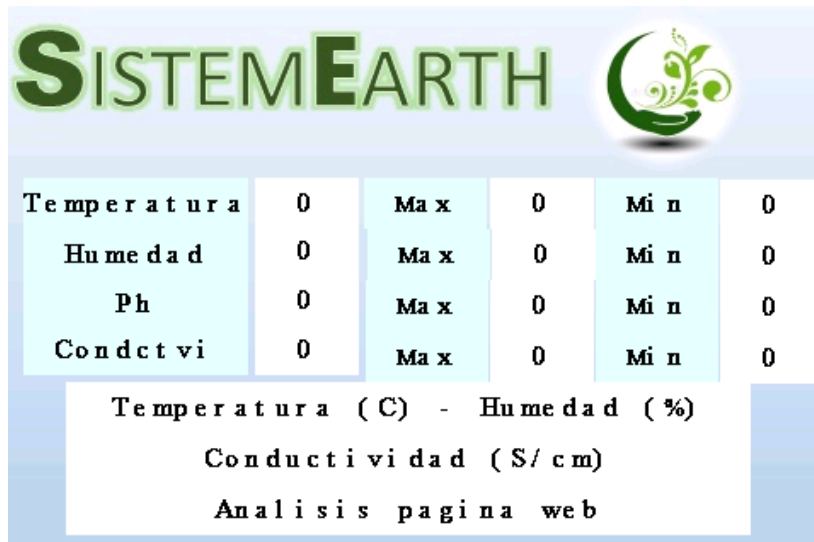


Figura 4.22. Pantalla HMI prototipo

#### 4.19 Diseño estructural de prototipo

Para la implementación del prototipo se requiere el diseño que permita acoplar todas las piezas seleccionadas. El diseño se lo realizo en solidword con una escala de 5 a 1.

1. Se diseñó la parte A mostrada en la figura 4.23 que permite colocar la pantalla HMI y los botones de encendido y reseteo. Este diseño contiene además un manubrio que permite una mayor facilidad en el uso del prototipo. Ver Anexo B

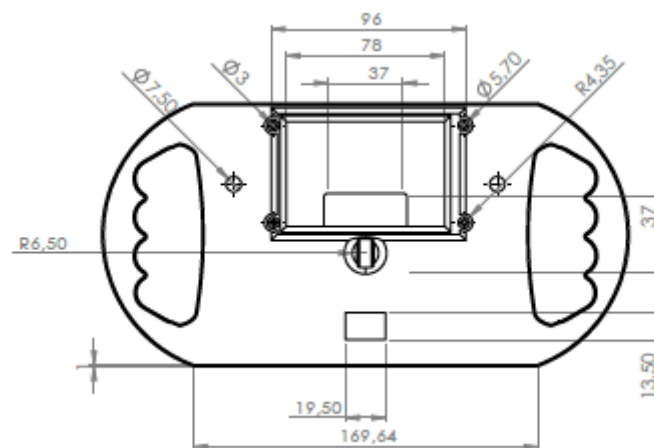


Figura 4.23 Diseño digital parte A prototipo  
 Elaborado por Investigador



Figura 4.24 Diseño físico parte A prototipo  
Elaborado por Investigador

2. Se diseñó una parte B del prototipo mostrado en la figura 4.25, el cual es una caja donde se coloca la circuitería, parte de control de sensores y transmisor. Ver anexo C

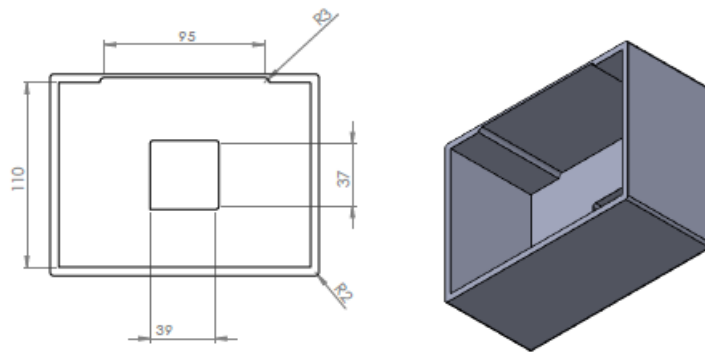


Figura 4.25 Diseño digital parte B prototipo  
Elaborado por Investigador



Figura 4.26 Diseño físico parte B prototipo  
Elaborado por Investigador

3. Se diseñó una parte C del prototipo mostrado en la figura 4.27, que permite la conexión entre la estaca y el dispositivo de visualización, el cual contiene una parte con un tornillo para ensamblar ambas partes. Ver Anexo D

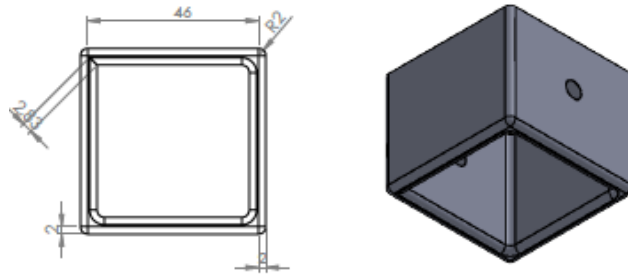


Figura 4.27 Diseño digital parte C prototipo.  
Elaborado por Investigar

4. Se diseñó una parte D del prototipo mostrado en la figura 4.28, que permite proteger los cables de los sensores, y que tiene las dimensiones adecuadas para la inserción en los suelos. Ver Anexo E

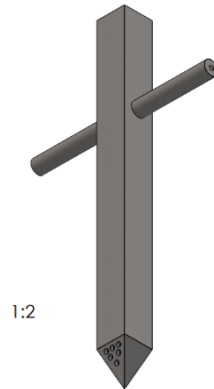


Figura 4.28 Diseño digital parte D prototipo  
Elaborado por Investigador



Figura 4.29 Diseño físico parte D prototipo  
Elaborado por Investigador

#### 4.20 Pruebas de funcionamiento

Para verificar el funcionamiento del prototipo del sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos se ejecutó pruebas en la florícola Rosely Flowers que consta de 10 bloques de invernaderos que se ven en el plano general mostrado en el Anexo F, ubicada en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga parroquia Alaquez, teniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 4.16.

#### Bloque 1 Área 6472 m<sup>2</sup>

Tabla 4.16 Tabla de medias aritméticas bloque 1

Índice de Contaminación	PH	Humedad	Temperatura	Conductividad
NEUTRO	7.2	20.6	23.2	Sódico

Elaborado por Investigador

Rango ph 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

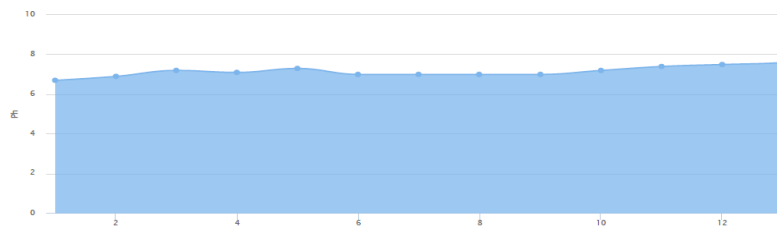


Figura 4.30 Muestras tomadas de pH bloque 1

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

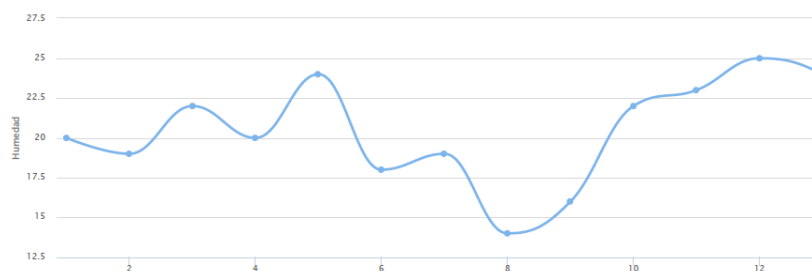


Figura 4.31 Muestras tomadas de Humedad bloque 1

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

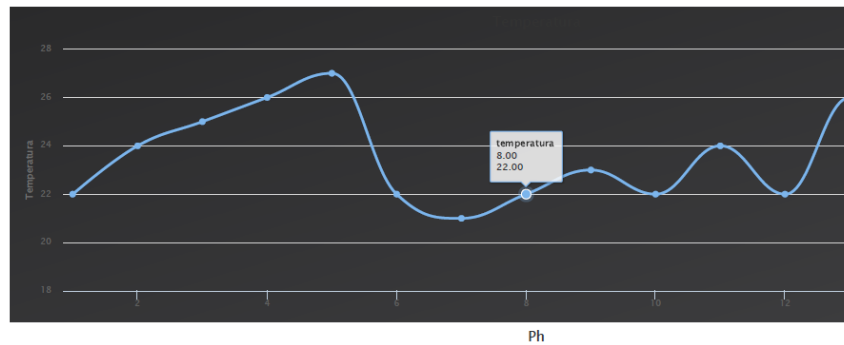


Figura 4.32 Muestras tomadas de Temperatura bloque 1

El sistema proporciona un informe general de los últimos 15 valores medidos, además se puede generar gráficas, para mayor explicación ver Anexo G.

**Bloque 2 Área 8783.7 m<sup>2</sup>**

Tabla 4.17 Tabla de medias aritméticas bloque 2

Índice de Contaminación	PH	Humedad	Temperatura	Conductividad
NEUTRO	6.8	22.73	25.13	Sódico

Elaborado por Investigador

Rango ph 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

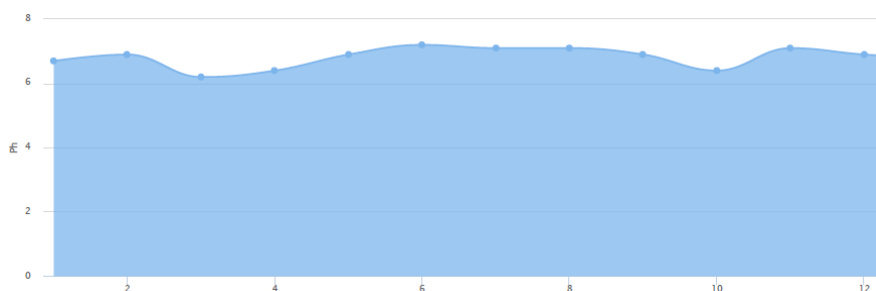


Figura 4.33 Muestras tomadas de pH bloque 2

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

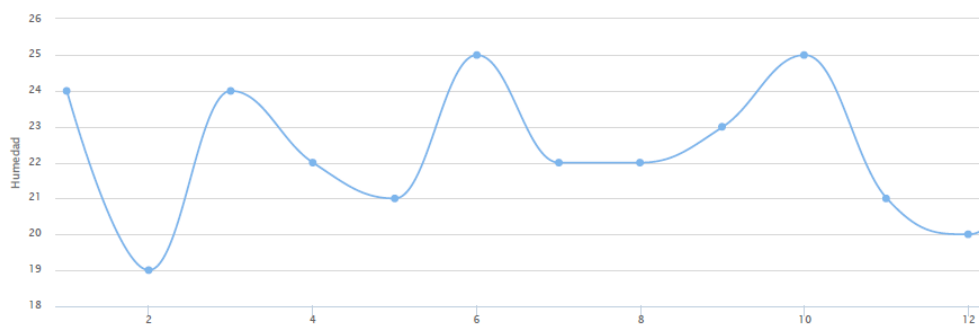


Figura 4.34 Muestras tomadas de Humedad bloque 2

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

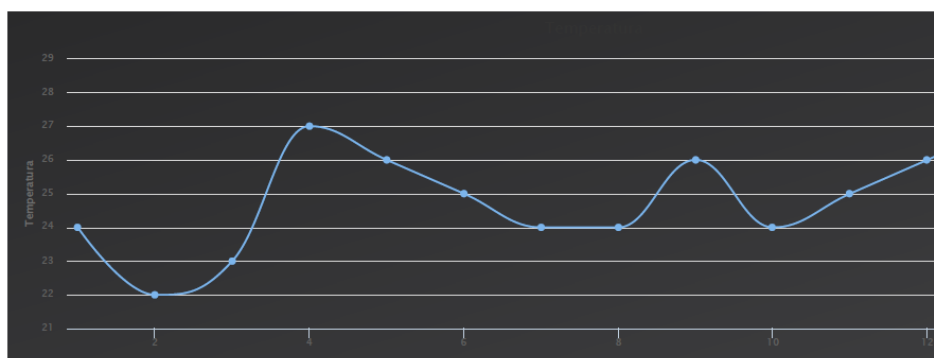


Figura 4.35 Muestras tomadas de Temperatura bloque 2

El sistema proporciona un informe general de los últimos 15 valores medidos, además se puede generar gráficas, para mayor explicación ver Anexo H.

**Bloque 5 Área** 7335.16 m<sup>2</sup>

Tabla 4.18 Tabla de medias aritméticas bloque 5

Índice de Contaminación	PH	Humedad	Temperatura	Conductividad
NEUTRO	6.9	19	28	Sódico

Elaborador por Investigador

Rango pH 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

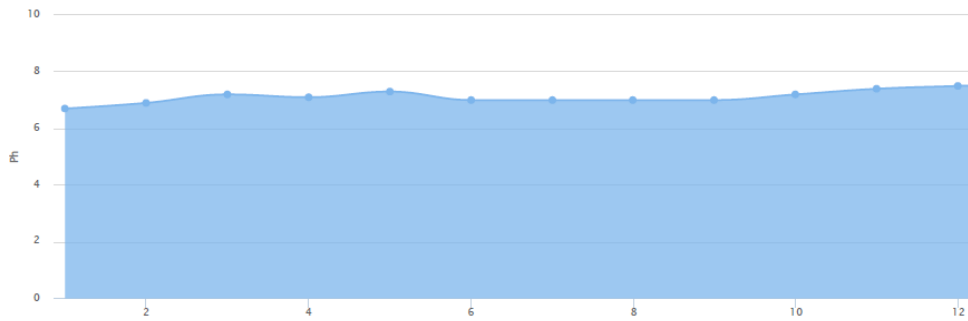


Figura 4.36 Muestras tomadas de pH bloque 5

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

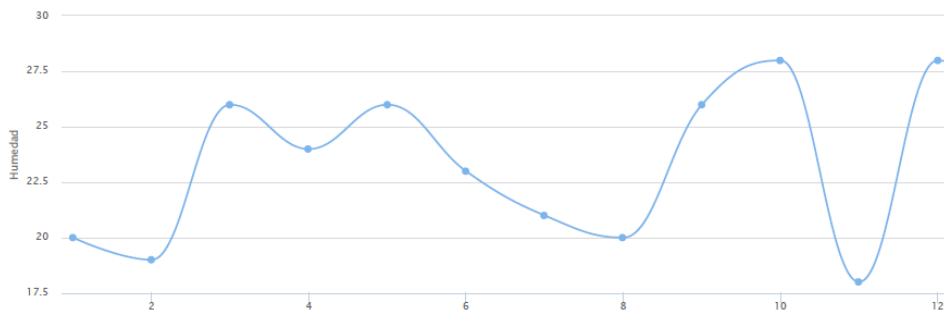


Figura 4.37 Muestras tomadas de Humedad bloque 5

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

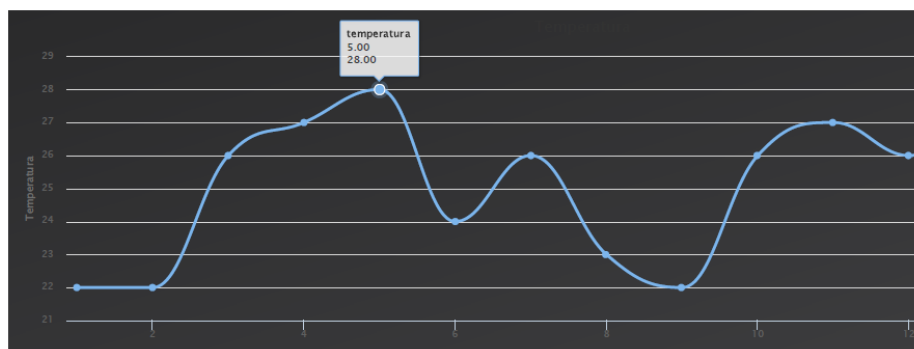


Figura 4.38 Muestras tomadas de Temperatura bloque 5

El sistema proporciona un informe general de los últimos 15 valores medidos, además se puede generar gráficas, para mayor explicación ver Anexo I.



**Bloque 9 Área 8405.44 m<sup>2</sup>**

Tabla 4.19 Tabla de medias aritméticas bloque 9

Índice de Contaminación	PH	Humedad	Temperatura	Conductividad
NEUTRO	6.7	23.6	23.86	Sódico

Elaborado por Investigador

Rango pH 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

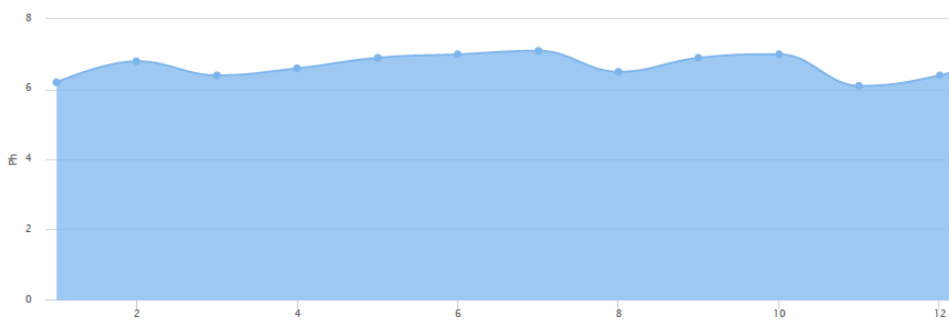


Figura 4.39 Muestras tomadas de pH bloque 9

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

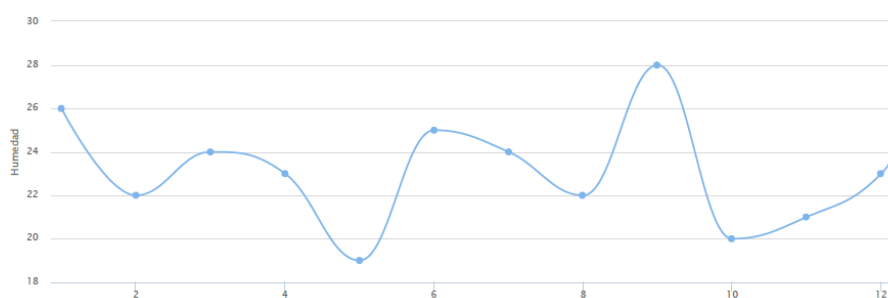


Figura 4.40 Muestras tomadas de Humedad bloque 9

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento.

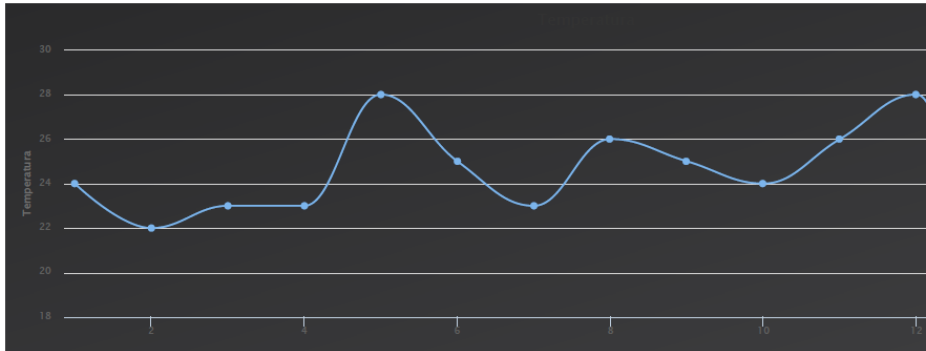


Figura 4.41 Muestras tomadas de Temperatura bloque 9

El sistema proporciona un informe general de los últimos 15 valores medidos, además se puede generar gráficas, para mayor explicación ver Anexo J.

Se realizó pruebas en el cantón Ambato parroquia Izamba sector Quillan Bajo. Botadero de basura Ambato, teniendo los siguientes resultados.

Tabla 4.20 Tabla de medias aritméticas Botadero de Basura Ambato

Índice de Contaminación	PH	Humedad	Temperatura	Conductividad
NEUTRO	3.87	8.4	27	Salino

Elaborado por Investigador

Rango de pH menor a 5.5. Suelos ácidos, el aluminio y el manganeso pueden volverse muy solubles y tóxicos y, además, reducir la capacidad de la planta para absorber fósforo, calcio, magnesio y molibdeno. Especialmente en los suelos ácidos, el fósforo no está disponible para las plantas.

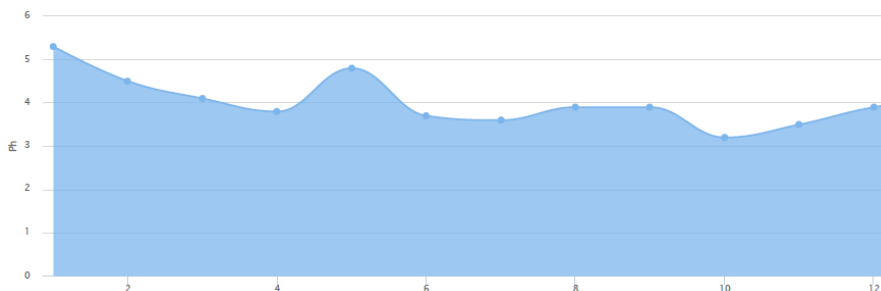


Figura 4.42 Muestras tomadas de pH Botadero de Basura Ambato

Rango de humedad 16-12 %, suelo arenoso pertenece a la categoría ligero debido a su textura leve y de granos. Este es el tipo más ligero de todos los suelos, y por lo tanto es propenso a la erosión por el agua y el viento si no existen plantas vivas en él.

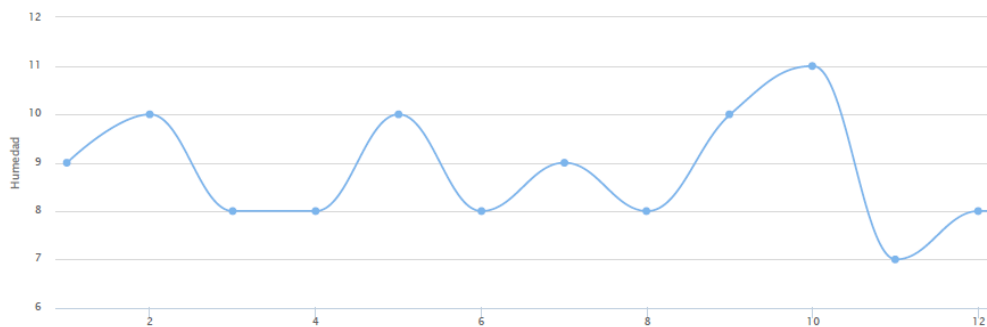


Figura 4.43 Muestras tomadas de Humedad Botadero de Basura Ambato

Rango de temperatura mayor a 25 grados centígrados poca absorción de agua, sin drenaje alguno.

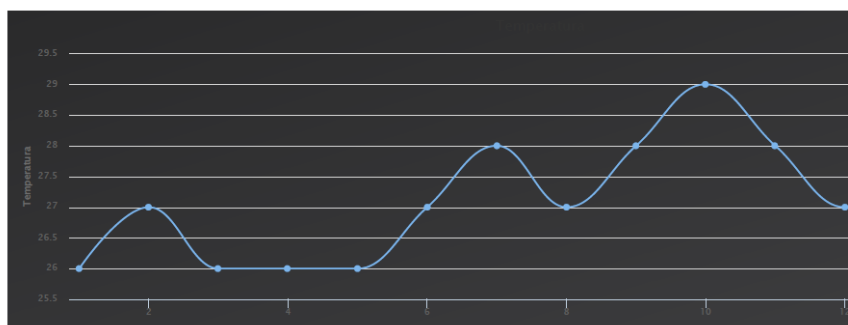


Figura 4.44 Muestras tomadas de Temperatura

Rango de conductividad menor a 4, sódico El exceso de Sodio intercambiable tiene efecto adverso sobre el crecimiento de plantas y estructura del suelo. Su resultado se traduce en reducción en los rendimientos de cultivos. Aumenta la dispersión del suelo.

El sistema proporciona un informe general de los últimos 15 valores medidos, además se puede generar gráficas, para mayor explicación ver Anexo K.

### Análisis

Para determinar el grado de confiabilidad se utilizó un medidor de pH de mano marca HM008A, Ideal para agricultura, ganadería, etc. Sin pilas o fuentes de energía externas. Rango pH 3-8pH. Rango humedad 1-8 (10-80%). Resolución pH 0,2pH. Resolución humedad 10%. Un medidor de conductividad de mano marca CO400A Medidor de Conductividad EC Field Scout de Spectrum para medición de sales disueltos en suelo o en líquido. Dos medidores analógicos de temperatura y humedad estáticos en el centro del invernadero de la empresa Rosely Flowers.

Tabla 4.21 Muestras tomadas por el sistema electrónico en los bloques 1, 2, 5, 9

<b>Sistema Electrónico Portable para la Medición del Índice de Contaminación de Suelos</b>				
<b>Bloque</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Temperatura</b>
<b>1</b>	7.2	5.2	20.6	23.2
<b>2</b>	6.8	6.26	22.73	25.13
<b>5</b>	7.2	5.33	23.26	25
<b>9</b>	6.7	6.06	23.6	23.86

Elaborado por Investigador

Tabla 4.22 Muestras tomadas por los medidores en los bloques 1, 2, 5, 9

<b>MEDIDORES INSTALADOS EN LOS INVERNADERO</b>				
<b>Bloque</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Temperatura</b>
<b>1</b>	7.2	5	22.5	21.9
<b>2</b>	6.9	5.7	24.5	24.1
<b>5</b>	7.1	5.9	27	22.3
<b>9</b>	7.0	6.1	25	25

Elaborado por Investigador

Luego de realizar la toma de valores con el sistema electrónico y con los medidores de los invernaderos de la florícola Rosely Flowers, mediante la ecuación (6) se calcula el grado de error de cada valor medido.

$$Error = |pH_{medidor} - pH_{dispositivo}| * 100\% \quad Ec(6)$$

Tabla 4.23 Porcentajes de error bloques 1, 2, 5, 9

<b>Porcentaje de error</b>				
<b>Bloque</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Temperatura</b>
<b>1</b>	0 %	3.84 %	8.44 %	5.60 %
<b>2</b>	1.44 %	8.94 %	7.22 %	4.09 %
<b>5</b>	1.44 %	10.16 %	13.85 %	10.8 %
<b>9</b>	4.28 %	0.655 %	5.6 %	4.56 %
<b>MEDIA</b>	1.79 %	5.89 %	8.77 %	6.26 %

Elaborado por Investigador

Luego se determina la media aritmética de los valores de cada uno de las variables adquiridas con la siguiente ecuación (7)

$$\bar{x} = \frac{\sum \text{muestras}}{4} \quad Ec(7)$$

Luego de calcular la media aritmética de cada variable, procedemos a calcular el grado de confiabilidad del sistema electrónico.

Tabla 4.24 Media general de porcentaje de error

<b>Porcentaje de error</b>					
<b>Bloque</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad</b>	<b>Humedad</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Error General</b>
<b>MEDIA</b>	1.79 %	5.89 %	8.77 %	6.26 %	5.67 %

Elaborado por Investigador

Luego de realizar las pruebas del sistema, se efectuó una comparación de los valores adquiridos del sistema con los valores que toma los equipos manuales de personal encargado del control y supervisión de los invernaderos, logrando un grado de confiabilidad de 94.33 %.

#### 4.21. Costo del proyecto

El costo de los componentes utilizados en el sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos se detalla en la tabla 4.25.

Tabla 4.25 Costo del proyecto

<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unit.</b>	<b>Valor total</b>
1	Placa arduino	c/u	1	\$ 19	\$ 24
2	Shield Ethernet	c/u	1	\$ 15	\$ 20
3	Sensor pH	c/u	1	\$ 52	\$ 55
4	Sensor Humedad	c/u	1	\$ 4.25	\$ 4.25
5	Sensor Conductividad	c/u	1	\$ 47.39	\$ 54.39
6	NRF	c/u	2	\$ 2.25	\$ 4.5
7	Impresión diseño prototipo	c/u	1	\$ 75	\$ 75
8	Pantalla HMI	c/u	1	\$ 32	\$ 32
9	Switch	c/u	1	\$ 0.25	\$ 0.25
10	Pulsador	c/u	1	\$ 0.12	\$ 0.12
11	Cable de red	metros	1	\$ 5	\$ 5
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 274.51</b>

Elaborado por Investigador

#### 4.21. Costo del diseño

Para la valoración del costo inicial del diseño se tomó en cuenta el total de horas trabajadas en el proyecto, el salario básico de un Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones establecido por el Ministerio del Trabajo es: [43]

- Mensual \$858
- Diario  $\$415/21=\$40.85$
- Hora  $\$40.85/8= \$5.10$

Se toma como tiempo estimado de trabajo un total de 100 horas de investigación distribuidas en la realización del diseño, la programación y las pruebas de funcionamiento.

$$\text{Costo inicial del diseño} = \text{Total de horas trabajadas} * \text{valor de hora}$$

$$\text{Costo inicial del diseño} = 100 * \$5.10$$

$$\text{Costo inicial del diseño} = \$510$$

#### 4.22. Costo total del proyecto

En la tabla 4.26 se presenta el costo total del sistema electrónico para realizar las mediciones del índice de contaminación.

Tabla 4.26 Valor total para implementar el prototipo

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor U.	Valor T.
1	Elementos	c/u	1	\$ 274.51	\$ 274.51
2	Costo del diseño	c/u	1	\$ 510.00	\$ 510.00
				Costo Total	\$ 784.51

Elaborado por Investigador

El valor inicial para implementar el prototipo del sistema electrónico portable para la medición del índice de contaminación de suelos es de \$ 784.51, este valor es bajo en comparación a los sensores comerciales que varían en valor de 350 a 900 dólares, tomando en cuenta que son únicamente sensores, to tienen un servidor incluido, servicio que presta el sistema electrónico portable.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

Concluido el presente trabajo de investigación se establecen las siguientes conclusiones

- Para establecer los niveles de contaminación que se dan en los suelos se determinaron los principales parámetros de un suelo fértil y un suelo erosionado estableciendo los elementos básicos del suelo y los efectos de la Agricultura de conservación sobre sus propiedades.
- Para realizar la toma de muestras se analizaron los métodos destructivos y no destructivos de la medición de contaminación de suelos en base a la norma NTE INEN ISO 10381, y se realizaron tablas comparativas en las cuales se establecen los índices de contaminación alto, medio, ligero y neutro.
- El prototipo se desarrolló en base a un sistema embebido que emplea hardware y software libre, además de elementos electrónicos de bajo costo y consumo energético que se acoplan a las diferentes etapas de procesamiento, permitiendo un monitoreo continuo de las señales de contaminación de suelos.
- La tecnología inalámbrica NRF permitió transmitir satisfactoriamente los valores obtenidos de las mediciones del suelo hacia la base de datos, evitando alteraciones y retardos gracias a sus especificaciones técnicas velocidad, fiabilidad y confiabilidad en la transmisión de la información. Además, operar adecuadamente en espacios abiertos y cerrados.
- Para el diseño del prototipo se desarrolló una estructura con las características adecuadas para los diferentes componentes electrónicos, con una punta metálica para ser insertada en el suelo de manera que la utilización del dispositivo portable sea más fácil para el usuario.

- Para la gestión de los datos se implementó un servidor web para el almacenamiento, visualización, edición y eliminación de los valores adquiridos por los sensores en el dispositivo portable, de esta forma el usuario puede hacer uso de la información de una manera interactiva.
- A partir de las pruebas realizadas en la empresa Rosely Flowers se determinó un porcentaje de error promedio de 96.33% en comparación con los medidores de pH, conductividad, humedad y temperatura de los bloques o invernaderos donde se realizó pruebas de funcionamiento.
- La fuente de alimentación utilizada posee una autonomía de 10 horas, considerando que los campos pueden ser extensos y la toma de medidas pueden tardar varios minutos, el dispositivo presenta una eficiencia energética del 100 % con un tiempo adicional de 0.9 horas que corresponden aproximadamente a 36 minutos que el prototipo podrá seguir tomando medidas y enviando la información antes de llegar al mínimo nivel de descarga.

## **5.2 Recomendaciones**

De acuerdo con las mediciones tomadas en el desarrollo del proyecto de Investigación se generan las recomendaciones:

- Analizar todas las propiedades de un suelo agrícola fértil, para establecer los parámetros a medir.
- Para el muestreo en base a la norma NTE INEN ISO 10381 es necesario establecer la relación con las normas internacionales establecidas por los organismos competentes, para que los datos muestreados puedan ser utilizados en estudios a futuro.
- El sistema utiliza elementos de acceso libre tanto hardware como software, debido a esto se recomienda analizar todas las posibilidades para la elección de los elementos, debido a que existen sensores y transductores que son comerciales, pero de bajo costo, y solo se encuentran en algunas tiendas electrónicas.
- Una vez encendido el prototipo, insertar en el suelo a mostrarse y esperar a que se estabilice mientras este encendido el led indicador, este intervalo de tiempo servirá para que los sensores tomen 10 valores y realicen una media aritmética, permitiendo enviar a través de los NRF un valor más estable al nodo receptor, reduciendo las alteraciones posibles de los valores medidos.



- El diseño estructural del dispositivo está elaborado para ser expuesto a exteriores para la toma de valores del suelo, luego de realizar la medición se recomienda limpiar la punta de la estaca para que no quede residuos de las anteriores muestras, además en caso de que el dispositivo tenga cambios muy bruscos en la mediación o visualice el mismo valor varias veces, es necesario normalizarlo, colocando la punta de la estaca un recipiente con agua durante 2 minutos y se estabilizará con valores predeterminados del agua.
- El dispositivo realiza la toma de valores y estos son presentado en la pantalla HMI se recomienda verificar la conexión de estos valores con el sistema y la base de datos para evitar pérdida de información; comparando con los valores mostrados en la pantalla y los valores de la página web.
- El porcentaje de error es determinado de acuerdo a las muestras tomadas en la empresa Rosely Flowers, para mejor toma de valores se recomienda los horarios de 9 a 11 am o 3 a 5 pm, por el motivo que son los horarios con menor alteración de propiedades físico-químicas del suelo.
- Evitar que la fuente de alimentación llegue a su límite de descarga ya que esto podrá causar fallos y daños en el sistema.

## Bibliografía

- [1] Universidad Central del Ecuador, Ing. SUQUILANDA M., XI Congreso Ecuatoriano de Ciencia del Suelo. “EL DETERIORO DE LOS SUELOS EN EL ECUADOR Y LA PRODUCCION AGRICOLA”, octubre 2008.
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Censo, “III Censo Nacional Agropecuario 2000 Volumen 1” Disponible en [www.ecuadorencifras.gob.ec](http://www.ecuadorencifras.gob.ec). 20/12/2017
- [3] Tania Thalía Vite Toala, Una mirada a los principales problemas ambientales del Ecuador, Diario el expreso Ecuador, agosto 2016, disponible en: <http://www.expreso.ec/opinion/cartas-de-lectores/una-mirada-a-los-principales-problemas-ambientales-del-ecuador-XH584154>.
- [4] Proyecto de titulación “La Contaminación Agrícola por el uso de Agroquímicos y su Consecuencia Jurídica en relación a la Soberanía Alimentaria y al Derecho al Buen Vivir en la Comunidad de San Joaquín de la Parroquia Cuellaje, del Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura en el primer semestre del año 2016” C. FLORES.
- [5] CEPAL, Diagnostico de las Estadísticas del Agua Producto IIIc 2012-2.pdf, disponible: <http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf>
- [6] Redacción Regional Centro, El riego consume el 80% del agua en Ecuador, Diario el Telégrafo noviembre 2016 disponible en: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/el-riego-consume-el-80-del-agua-en-ecuador>
- [7] Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad, Agenda para la transformación productiva territorial: Provincia de Tungurahua. Mayo 2011. Disponible en: <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-TUNGURAHUA.pdf>
- [8] La contaminación incide en la agricultura de Tungurahua. Agosto 2012, Diario el Comercio. <http://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/contaminacion-incide-agricultura-tungurahua.html>
- [9] Pishilata es el corazón de la agricultura en Ambato. El Telégrafo, 2014 agosto Disponible en: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/pishilata-es-el-corazon-de-la-agricultura-en-ambato>
- [10] Flores C. “La Contaminación Agrícola por el uso de Agroquímicos y su Consecuencia Jurídica en relación a la Soberanía Alimentaria y al Derecho al Buen Vivir en la Comunidad de San Joaquín de la Parroquia Cuellaje, del Cantón Cotacachi, Provincia de Imbabura en el primer semestre del año 2016”, Tesis, Universidad Central del Ecuador, 2016, disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/8042/1/T-UCE-0013-Ab-390.pdf>

- [11] Montalvo C. “EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN DEL SUELO EN LA PRODUCTIVIDAD DE CINCO SECTORES AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA DE TUMBACO”, Tesis, Universidad Central del Ecuador, 2013, disponible: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1351/1/T-UCE-0012-247.pdf>
- [12] Artículo científico Montoro, M, Francisca, F, 2008/10/01, DETECCIÓN DE CONTAMINACIÓN DE SUELOS MEDIANTE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS, DO: 10.13140/2.1.2933.0244
- [13] Francisca F., “Evaluación de suelos contaminados con fluidos orgánicos mediante ondas electromagnéticas”, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2001, disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/814/Francisca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [14] L. Lopez, L. A. Martino, M. de la Veg, A. Osella, “Caracterización eléctrica de contaminantes en suelos saturados de agua”, 2001, Universidad de Buenos Aires, Grupo de Geofísica Aplicada y Ambiental (GAIA). Disponible en: <https://anales.fisica.org.ar/journal/index.php/analesafa/article/view/718/710>
- [15] SIGAGRO (2003), “Mapa de zonas de vida según Holdridge”. Disponible en [sni.gob.ec/coberturas](http://sni.gob.ec/coberturas), 24/01/2018
- [16] GEO Ecuador 2008: informe sobre el estado del medio ambiente, pagina 74. Disponible en: [www. books.google.com.ec](http://www.books.google.com.ec)
- [17] Fuente: INEC. Disponibles [13/07/2008] en: <http://www.inec.gov.ec>
- [18] Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC 2012, Disponible en <http://www.inec.gov.ec>
- [19] LA CONTAMINACION DE LOS SUELOS EN EL ECUADOR, 2010, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- [20] Conservación de los Recursos Naturales para una agricultura sostenible. Disponible: [http://www.fao.org/ag/ca/training\\_materials/cd27-spanish/sf/soil\\_fertility.pdf](http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/sf/soil_fertility.pdf)
- [21] Banco Central del Ecuador (2007). “Importaciones FOB por uso o destino económico”, en: Boletín Estadístico, 1867.
- [22] “Ecuador Forestal” Disponible [13/07/2008] en: [www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/forestacion/ecuador\\_forestal.htm](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/Biblioteca/Ing%20Rizzo/forestacion/ecuador_forestal.htm)
- [23] Fundación Natura. Disponible [13/07/2008] en: [www.ecuanex.net.ec/natura/ecolo-urba.htm](http://www.ecuanex.net.ec/natura/ecolo-urba.htm)
- [24] Propiedades físico – químicas del suelo y su relación con los movimientos del agua, Universidad de Oviedo, Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Filosofía Vegetal. Disponible [www.unioviedo.es/bos/Asignaturas/Fvca/seminarios](http://www.unioviedo.es/bos/Asignaturas/Fvca/seminarios)

- [25] Fassbender H.W. 1984. Química de suelos. Inst. Interamericano de Ciencias Agrícolas. OEA. Turrialba. Costa Rica, 398 p
- [26] Norma NTE INEN ISO 10381, NTC 4413-1, Calidad de suelo. Muestreo. Guía para el diseño de programas de muestreo (ISO 10381-1). 2003-05 Technical Committee: ISO/TC 190/SC 2 ICS: 13.080.05
- [27] Edafología 1. Primera edición 2011. Espacio Grafico Comunicaciones S.A. disponible en línea: [www.uaeh.edu.mx/investigacion](http://www.uaeh.edu.mx/investigacion).
- [28] Erosión y pérdida de fertilidad del Suelo, L. do Prado Wildner y M. da Veiga, 2010, Departamento de agricultura y protección del consumidor. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- [29] Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela versión impresa ISSN 0798-4065 Lily Marcano, Graciano Elizalde. FUNDEAGRO, 2010. Control de calidad y certificación de semilla. Fundación para el desarrollo del agro. Proyecto de transferencia de tecnología agropecuaria. Lima-Perú.
- [30] Microorganismos del suelo y biofertilización, Apuntes elaborados por: Asociación Vida Sana. “Crops for Better Soil” Life 10 ENV ES 471.
- [31] World Neighbors. Manejo de la humedad del suelo, Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible, 2000.
- [32] Tecniagricola, La capacidad de campo de un suelo, 19 febrero, 2013, disponible en <http://www.tecnicoagricola.es/la-capacidad-de-campo-de-un-suelo/>
- [33] Riego por goteo, Ing. Juan Leonardo Chow Zúniga, Ing. Juan Leonardo Chow Desarrollador de MEFADERG y Diseño Online de Riego por Goteo. Disponible en [http://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto1\\_Datos\\_Generales.htm](http://www.riego.elesteliano.com/ayuda/Fto1_Datos_Generales.htm)
- [34] Universidad de Oviedo, Departamento de biología de Organismo y Sistemas, apuntes propiedades fisicoquímicas del suelo y su relación con los movimientos del agua. Seminario.
- [35] Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura. INTAGRI S.C. disponible [28/01/2018] <https://www.intagri.com/articulos/suelos/la-conductividad-electrica-del-suelo-en-el-desarrollo-de-los-cultivos>
- [36] Machado, G., “Medida de la conductividad eléctrica aparente del suelo por inducción electromagnética y variabilidad espacial de propiedades físicas y químicas del suelo.” Escuela Superior Politécnica, Universidad de Santiago de Compostela. 2001, página: 21-24.

- [37] Universidad de Tarapacá, ingeniera en mecatrónica, 2018 disponible online [http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm\\_Ch03\\_mfuentesm.pdf](http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf)
- [38] Internet España S.L.U, Servidor LAMP una solución económico para web dinamicas 2017 en línea. <https://www.1and1.es/digitalguide/servidores/know-how/servidor-lamp-la-solucion-para-webs-dinamicas/>
- [39] Acércate a las TICS, gobierno de Navarra, Universidad Técnica de Navarra, Ingeniería de Comunicaciones, Ing. Edwin Solano. Disponible en [www.navarra.es](http://www.navarra.es) ultimo acceso 27/09/2018
- [40] Introducción a las Redes Inalámbricas, Modelo de Cobertura para Redes Inalámbricas de Interiores, biblioteca de Ingeniería Universidad de Sevilla, disponible en [bibing.us.es](http://bibing.us.es) ultimo acceso 27/09/2018
- [41] Edafología 1. Primera edición 2011. Espacio Grafico Comunicaciones S.A. disponible en línea: [www.uaeh.edu.mx/investigacion](http://www.uaeh.edu.mx/investigacion)
- [42] Tecniagricola, La capacidad de campo de un suelo, 19 febrero, 2013, disponible en <http://www.tecnicoagricola.es/la-capacidad-de-campo-de-un-suelo/>
- [43]Universidad de Oviedo, Departamento de biología de Organismo y Sistemas, apuntes propiedades fisicoquímicas del suelo y su relación con los movimientos del agua. Seminario.
- [44] Ministerio de Trabajo, «Tabla salarial mínima,» 2018. [En línea]. Disponible: <https://drive.google.com/file/d/1SF5jJWfch5B9X3LqpmH2SDAm4HbPe22X/view>. [Último acceso: 27 01 2018].

## ANEXO A

# Programación de los sensores

```
/**PINES DE SENSORIZACION***/
#define sensorH A0
const byte sensorP = A1;
#define sensorT A2
#define sensorC A3

/** VARIABLES MAXIMAS Y MINIMAS***/
int hmax=0;
int hmin=0;
long int pHmax=0;
long int pHmin=0;
long int Po;
long int To;
long int Co;
int tmax=0;
int tmin=0;
long int Cmax=0;
long int Cmin=0;

void setup(){
  pinMode(sensorH, INPUT);
  pinMode(sensorT, INPUT);
  pinMode(sensorP, INPUT);
  pinMode(sensorC, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop(){

  /**SENSOR HUMEDAD**/
  //Se hace la lectura analoga del pin A0 (sensor) y se pasa por
la funcion
  //map() para ajustar los valores leidos a los porcentajes que
queremos utilizar
  int valorHumedad = map(analogRead(sensorH), 0, 1023, 100, 0);
  Serial.print("humedad.val=");
  Serial.print(valorHumedad);
  ff();
  if(valorHumedad!=0)
  {
  if(valorHumedad>=hmax){hmax=valorHumedad;}
  if(valorHumedad<=hmin){hmin=valorHumedad;}
  Serial.print("Hmax.val=");
  Serial.print(hmax);
  ff();
  Serial.print("Hmin.val=");
  Serial.print(hmin);
  ff();
  }
  /**SENSOR PH**/
  Po = (1023 - analogRead(sensorP)) / 73.07;
  Serial.print("ph.val=");
  Serial.print(Po);
  ff();
  if(valorHumedad!=0)
```

```

    {
    if (Po>=pHmax) {pHmax=Po;}
    if (Po<=pHmin) {pHmin=Po;}
    Serial.print ("PHmax.val=");
    Serial.print (pHmax);
    ff ();
    Serial.print ("PHmin.val=");
    Serial.print (pHmin);
    ff ();
    }

    //SENSOR DE TEMPERATURA

    To =((analogRead(sensorT)*2) / 1023)*7.5-70;
    Serial.print ("temperatura.val=");
    Serial.print (To);
    ff ();
    if (To!=0)
    {
    if (To>=tmax) {tmax=To;}
    if (To<=tmin) {tmin=To;}
    Serial.print ("Tmax.val=");
    Serial.print (tmax);
    ff ();
    Serial.print ("Tmin.val=");
    Serial.print (tmin);
    ff ();
    }

    //SENSOR DE CONDUCTIVIDAD

    Co= (analogRead(sensorC)*2/1023)*50;
    Serial.print ("cdtv.val=");
    Serial.print (Co);
    ff ();
    if (Co>=Cmax) {Cmax=Co;}
    if (Co<=Cmin) {Cmin=Co;}
    Serial.print ("Cmax.val=");
    Serial.print (Cmax);
    ff ();
    Serial.print ("Cmin.val=");
    Serial.print (Cmin);
    ff ();
    delay(10000);
}

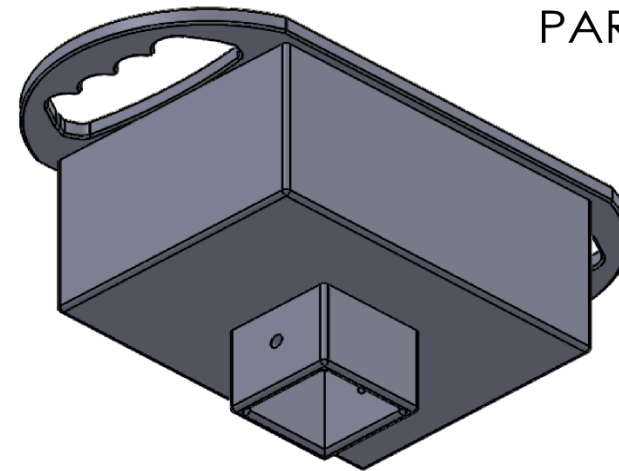
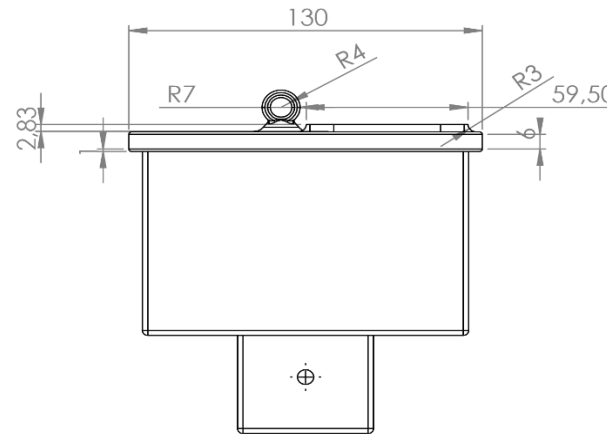
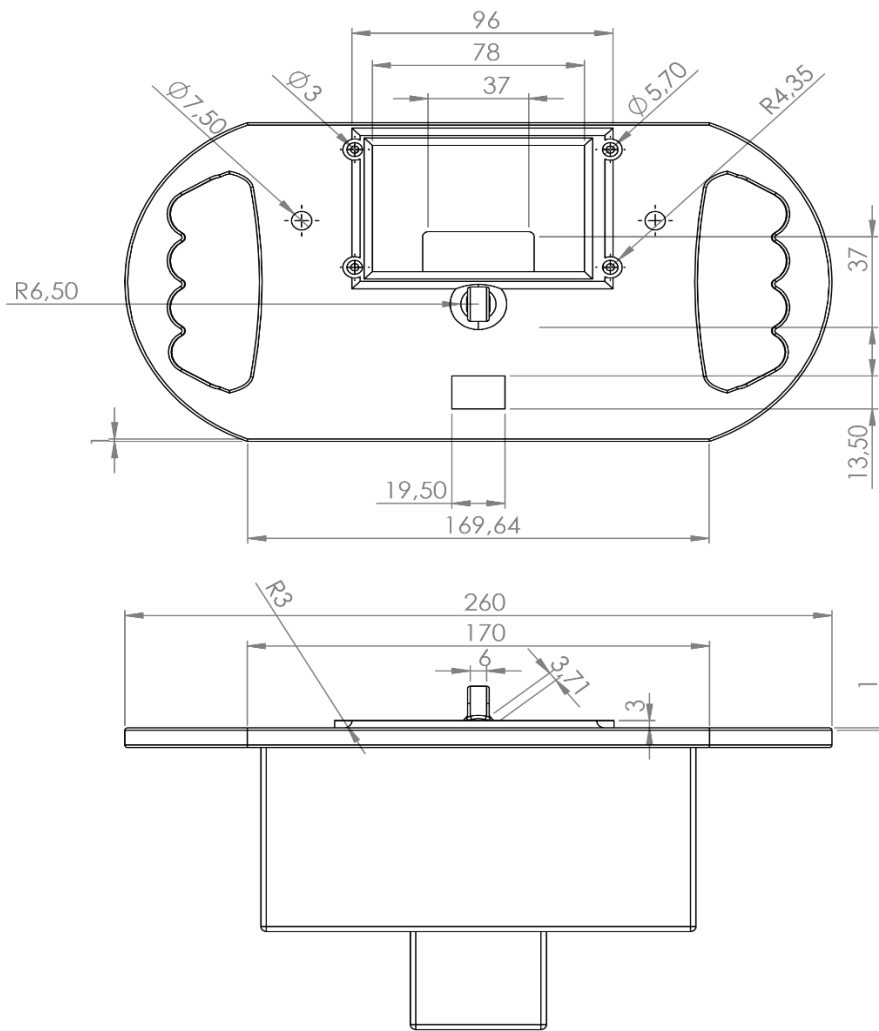
void ff(){
    Serial.write (0xff);
    Serial.write (0xff);
    Serial.write (0xff);
}

```

**ANEXO B**


**PLANO PARTE A DISPOSITIVO  
PORTABLE**





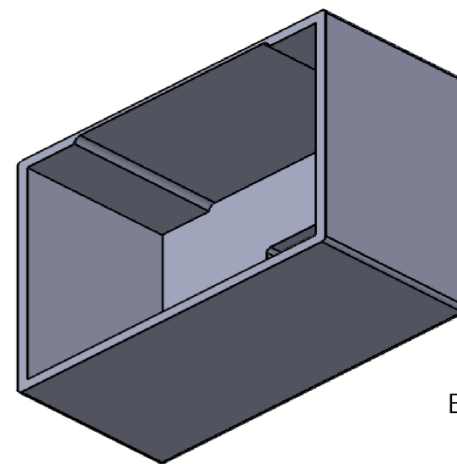
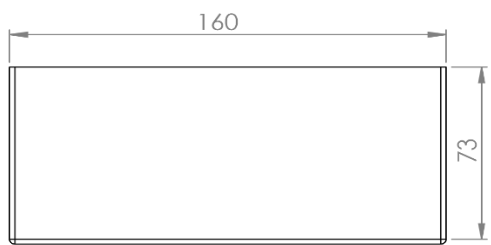
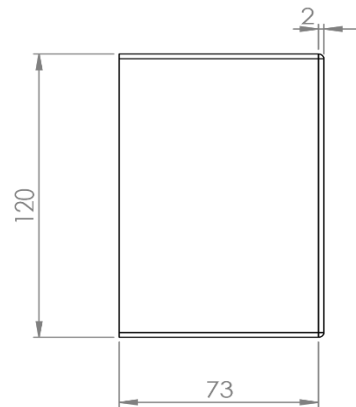
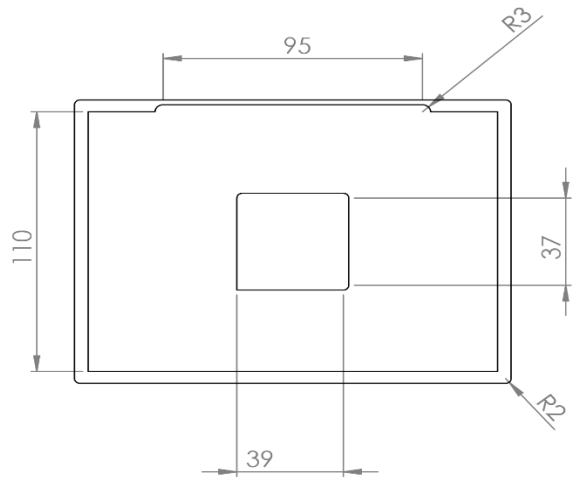
PARTE A

ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas
		Fecha:	22/5/2018		Material: PLA/NEGRO
		Diseñado:	J. Calapiña		Denominación: Tapa Superior/ Ensamble
		Revisado:	Ing. P. Córdova		Cantidad: 1 Escala 1:2
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL
		Lámina:	1		UTA-FISE

**ANEXO C**

**PLANO PARTE B DISPOSITIVO  
PORTABLE**



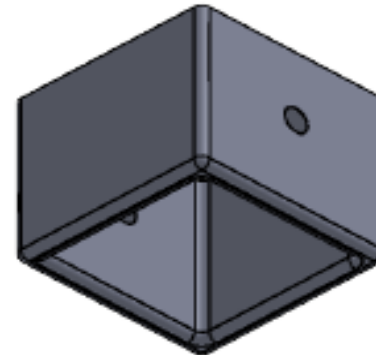
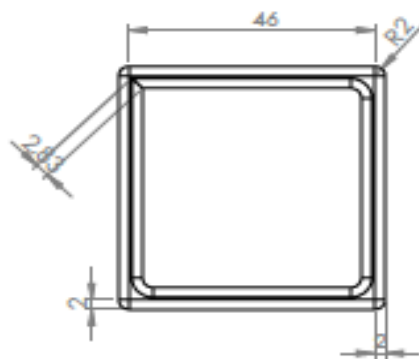
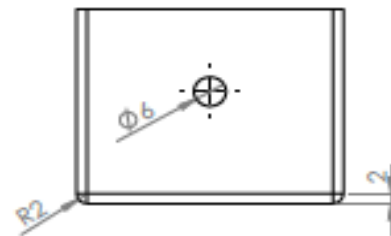
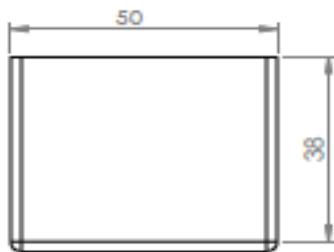
PARTE B

ESCALA 1:2

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Material	Colores	Dimensiones brutas
		Fecha:	22/5/2018		Material:		PLA/NEGRO
		Diseñado:	J. Calapiña		Denominación:		Base media
		Revisado:	Ing. P. Córdova		Cantidad:	1	Escala 1:2
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL		
		Lámina:	1		UTA-FISE		


**ANEXO D**

**PLANO PARTE C DISPOSITIVO  
PORTABLE**



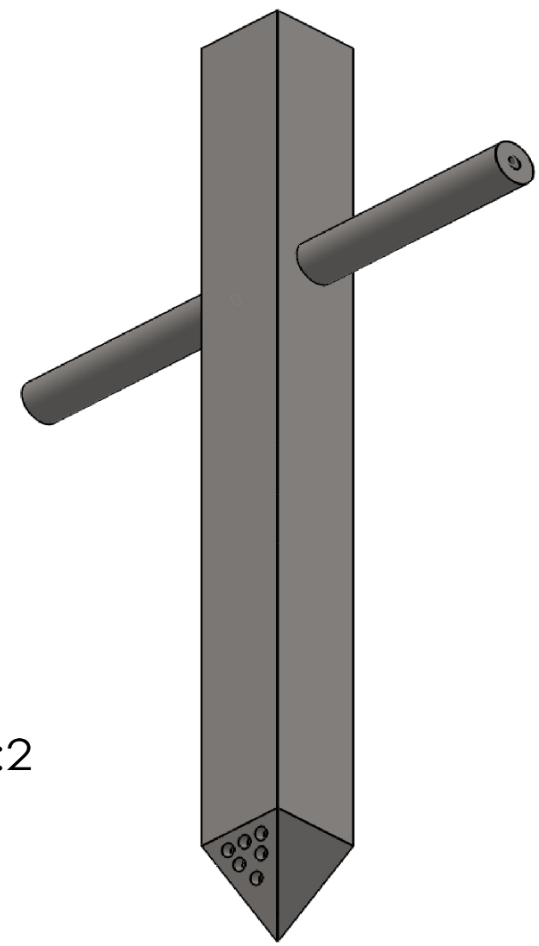
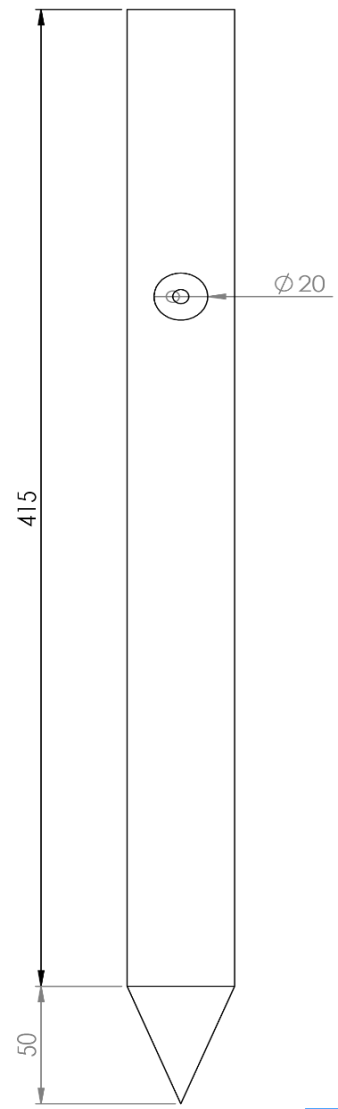
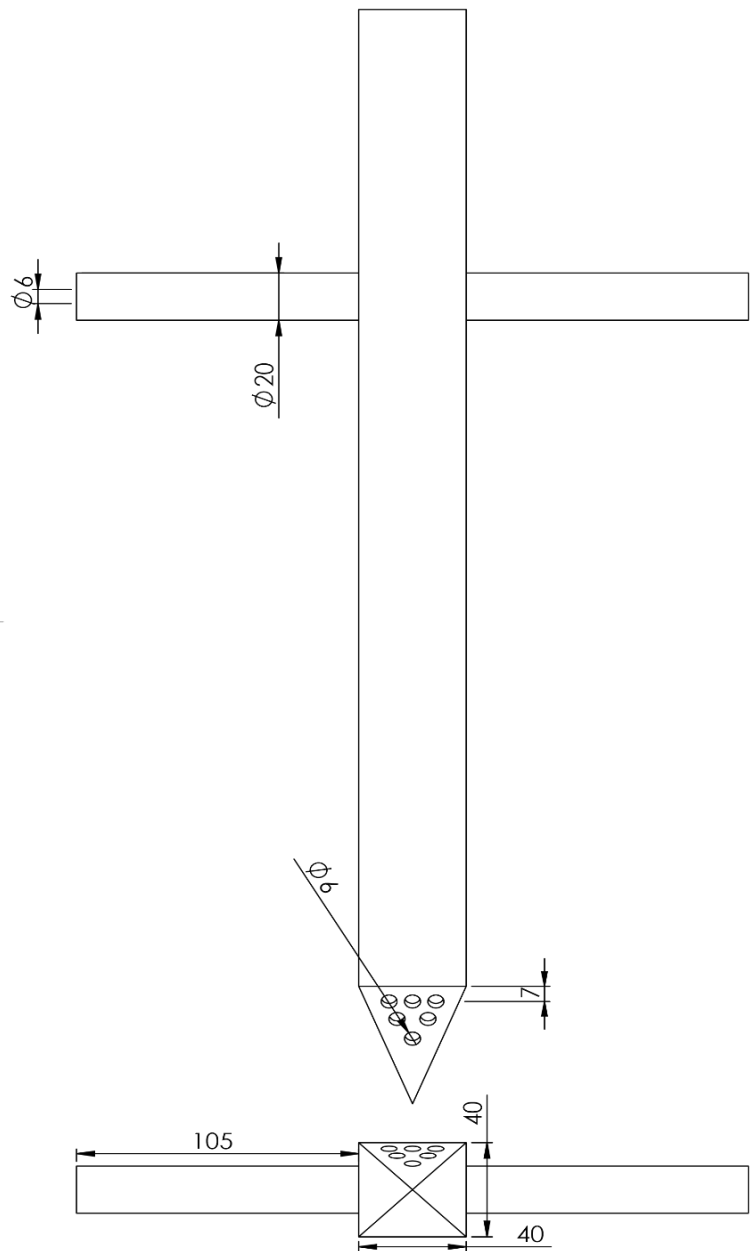
PARTE C

ESCALA 1:1

Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas		
		Fecha:	22/5/2018	Materia:	PLA/NEGRO		
		Diseñado:	J. Colapinto	Denominación:	Base inferior		
		Revisado:	Ing. P. Córdova	Cantidad:	1	Escala	1:1
		Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRONICA, E INDUSTRIAL			
		Lámina:	1				

**ANEXO E**

**PLANO PARTE D DISPOSITIVO  
PORTABLE**



ESCALA 1:2

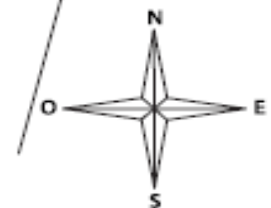
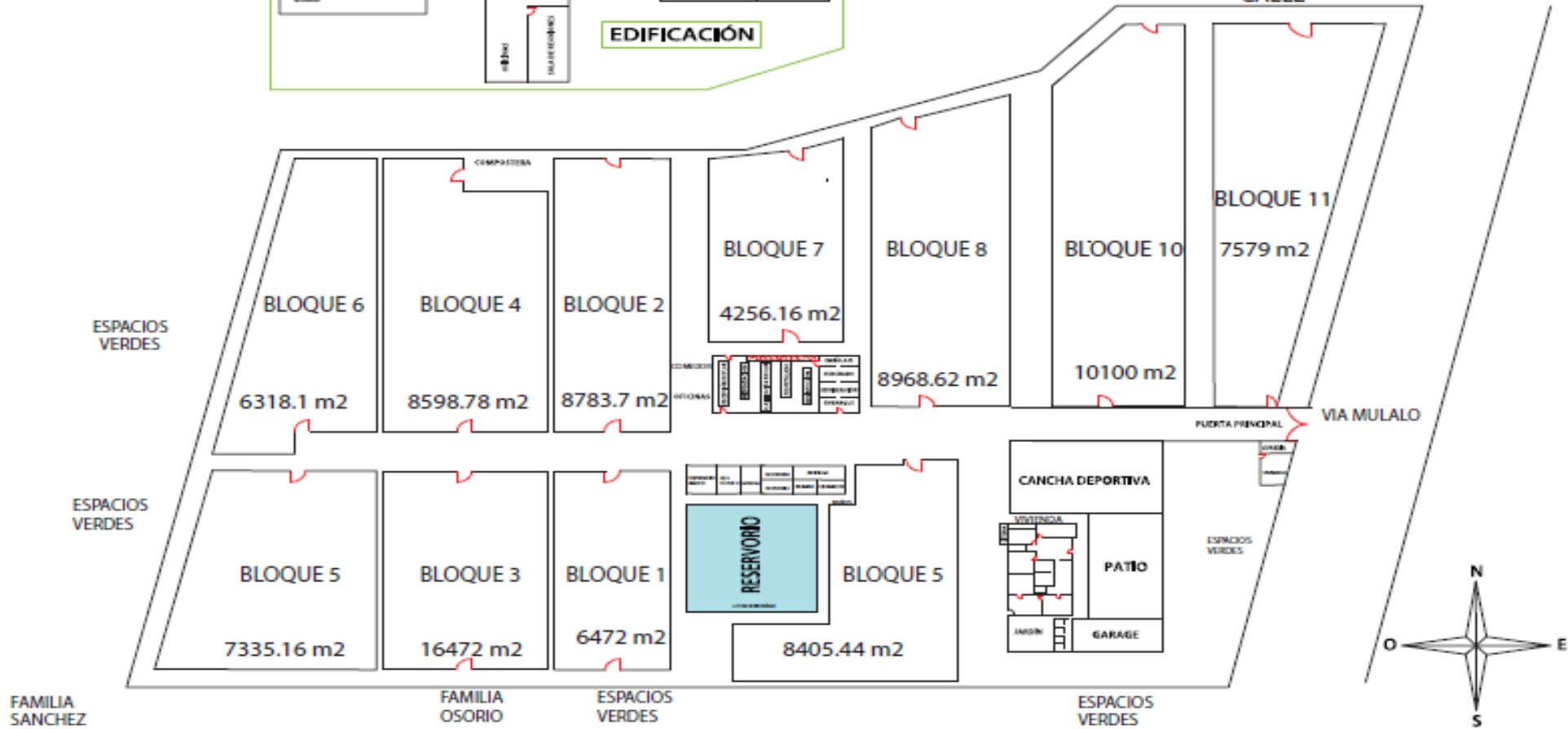
Ord.	Plano Ref.	Denominación:	Cantidad	Dimensiones y tratamientos	Materiales y dimensiones brutas
	Fecha:	31/5/2018			Material: Acero
	Diseñado:	J. Calapiña			Denominación: Estaca
	Revisado:	Ing. P. Córdova			Cantidad: 1    Escala: 1:2
	Carrera:	Ing. en Electrónica y Comunicaciones			
Lámina: 1					UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA, E INDUSTRIAL UTA-FISE

**ANEXO F**

**PLANO ROSELY FLOWERS**



# PLANO TRAMPAS TRIPS



PLANO SIN ESCALA

ACTUALIZADO MARZO 2015

# ANEXO G

## TABLA DE MUESTRAS BLOQUE 1 ROSELY FLOWERS

81



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERIA EN  
SISTEMAS ELECTRONICA E INDUSTRIAL

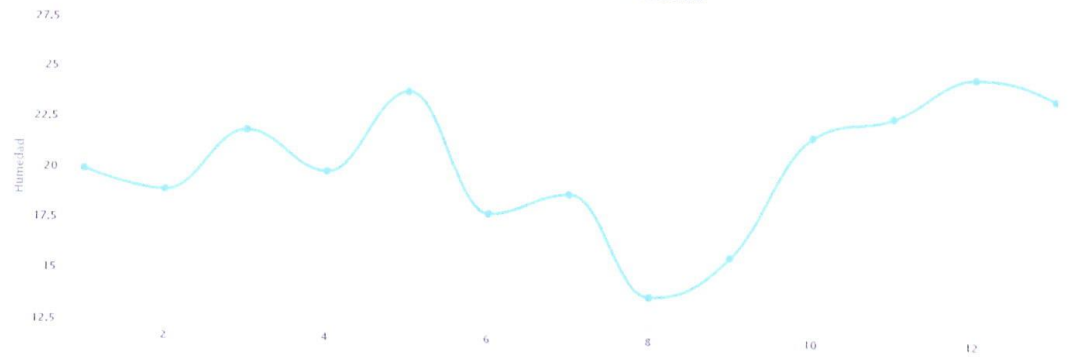
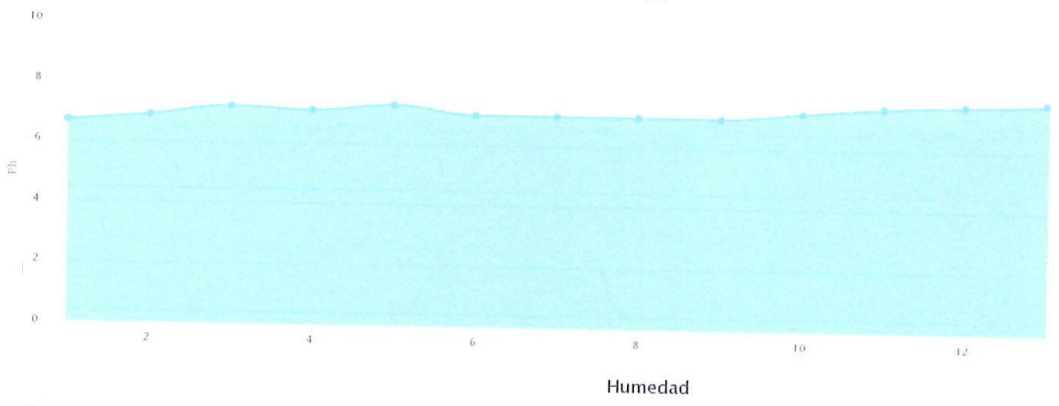
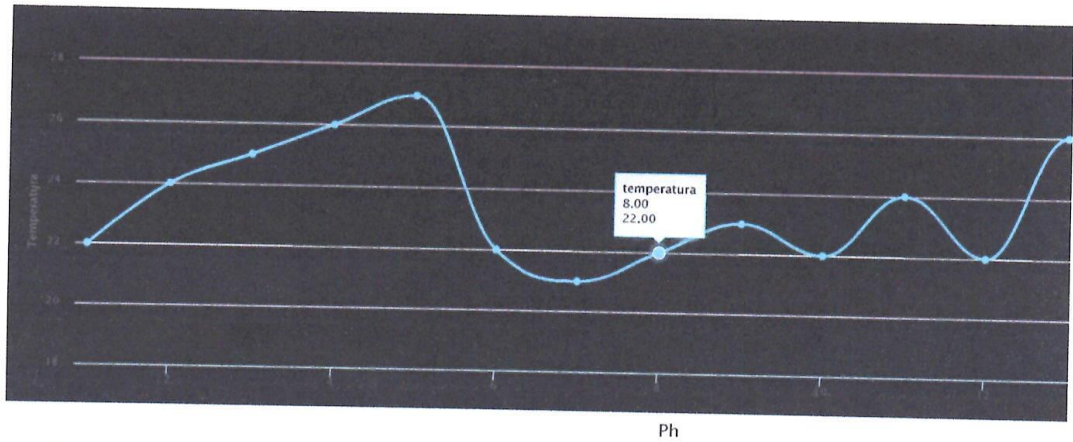
### MUESTRAS

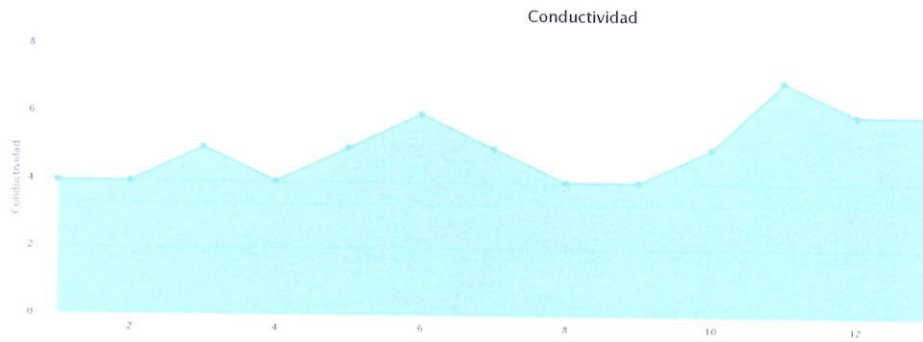
Variables						
ID	Temperatura	Humedad	Ph	Conductividad	Resultado	Fecha
1	22°C	20%	6.7Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 9:30:12
2	24°C	19%	6.9Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 9:33:45
3	25°C	22%	7.2Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 9:39:09
4	26°C	20%	7.1Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 9:45:23
5	27°C	24%	7.3Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 9:49:29
6	22°C	18%	7Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 9:53:37
7	21°C	19%	7Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:01:02
8	22°C	14%	7Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:04:06
9	23°C	16%	7Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:10:55
10	22°C	22%	7.2Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:13:59
11	24°C	23%	7.4Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:15:22
12	22°C	25%	7.5Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:19:21
13	26°C	24%	7.6Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:23:10
14	22°C	21%	7.9Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:25:09
15	20°C	23%	6.8Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:29:39
P	23.2°C	20.6%	7.2Ph	5.2 S/cm		



*Rosely Flower*  
JWG. Revelo Romero

Inicio Tabla





Rango ph 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

# ANEXO H

## TABLA DE MUESTRAS BLOQUE 2 ROSELY FLOWERS

82



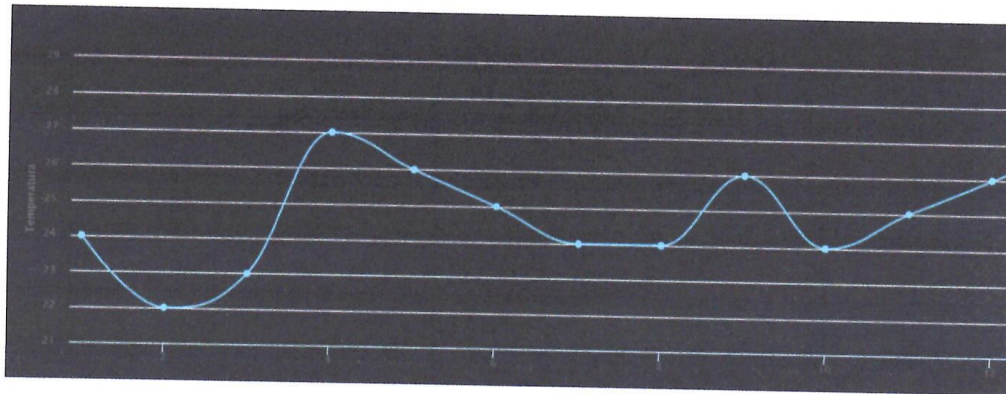
### MUESTRAS

Variables						
ID	Temperatura	Humedad	Ph	Conductividad	Resultado	Fecha
1	24°C	24%	6.7Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:35:13
2	22°C	19%	6.9Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:38:49
3	23°C	24%	6.2Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:41:09
4	27°C	22%	6.4Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:44:32
5	26°C	21%	6.9Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:47:29
6	25°C	25%	7.2Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:51:21
7	24°C	22%	7.1Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:54:46
8	26°C	23%	6.9Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:57:52
9	24°C	25%	6.4Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:02:59
10	25°C	21%	7.1Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:05:51
11	26°C	20%	6.9Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:09:39
12	27°C	23%	6.8Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:13:42
13	28°C	25%	7.2Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:19:12
14	28°C	23%	6.9Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:25:39
15	22°C	24%	7.4Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:29:18
P	25.13°C	22.73 %	6.8Ph	6.26S/cm		

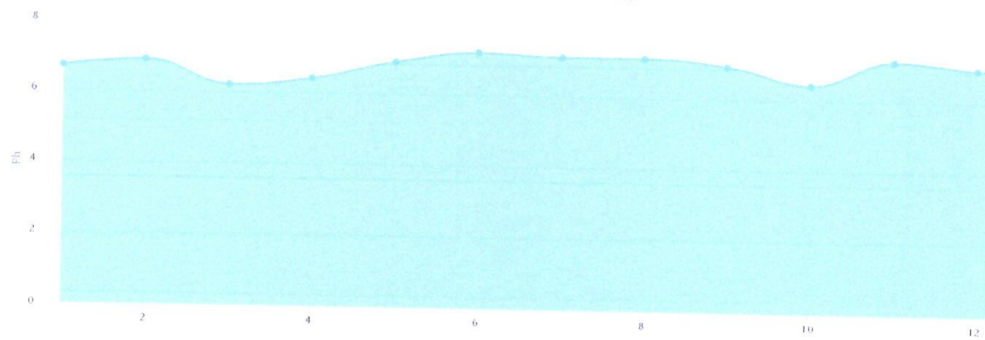


*JUG. Revelo Rosero*

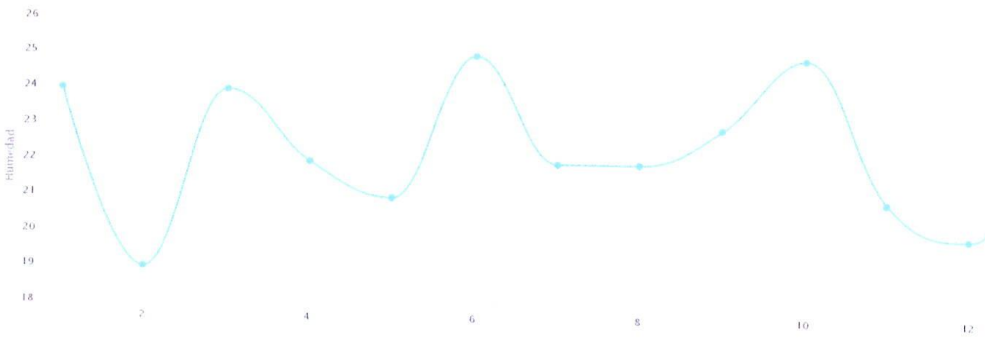
Inicio Tabla

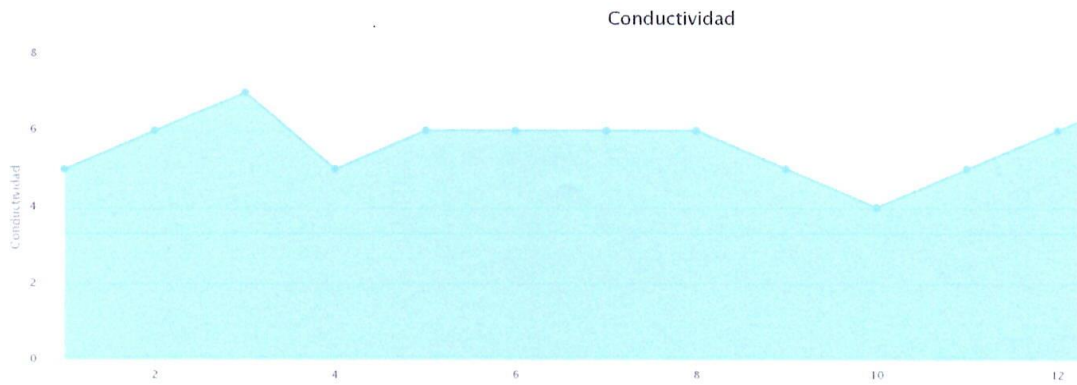


Ph



Humedad





Rango ph 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

# ANEXO I

## TABLA DE MUESTRAS BLOQUE 5 ROSELY FLOWERS

B5



### MUESTRAS

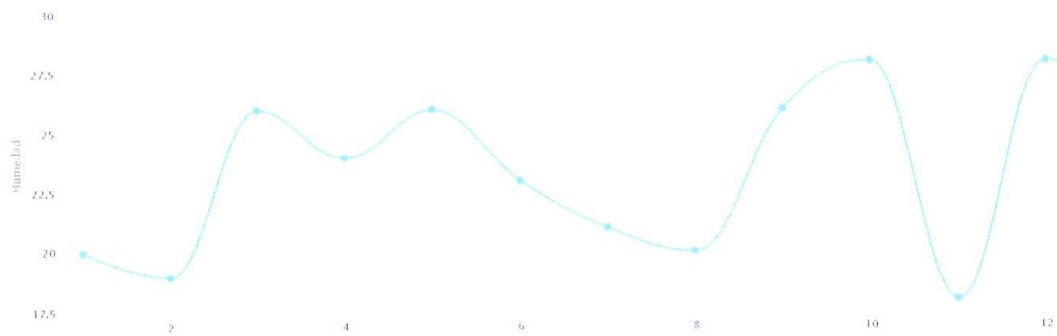
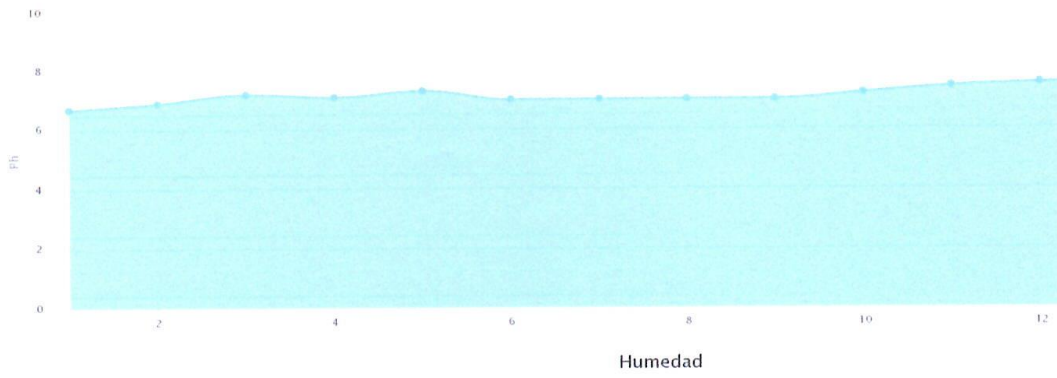
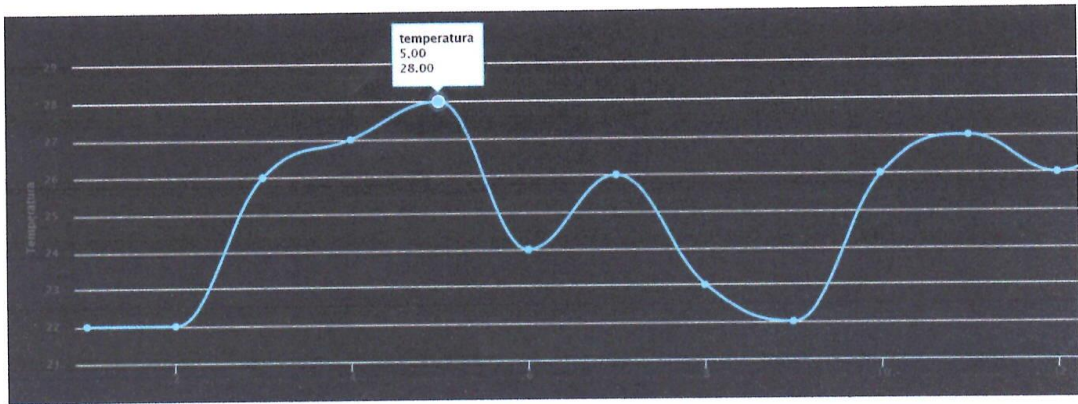
Variables						
ID	Temperatura	Humedad	Ph	Conductividad	Resultado	Fecha
1	22°C	20%	6.7Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:40:15
2	22°C	19%	6.9Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:43:39
3	26°C	26%	7.2Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:47:09
4	27°C	24%	7.1Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:50:32
5	28°C	26%	7.3Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:53:29
6	24°C	23%	7Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 10:57:21
7	26°C	21%	7Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:01:46
8	23°C	20%	7Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:04:52
9	22°C	26%	7Ph	4S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:10:59
10	26°C	28%	7.2Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:12:51
11	27°C	18%	7.4Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:15:39
12	26°C	28%	7.5Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:18:42
13	27°C	25%	7.6Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:21:12
14	26°C	23%	7.9Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:24:06
15	23°C	22%	6.8Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 11:28:12
P	25°C	23.26%	7.2Ph	5.33 S/cm		



*[Handwritten signature]*  
JWB. Revelo Romero

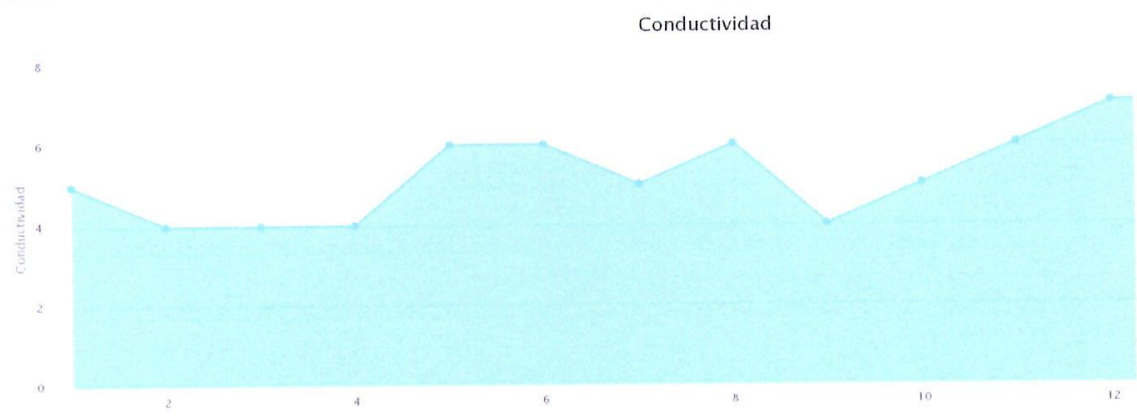


Inicio Tabla



25/7/2018

192.168.0.129/tesis/graficali.html



Rango ph 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento

# ANEXO J

## TABLA DE MUESTRAS BLOQUE 9 ROSELY FLOWERS



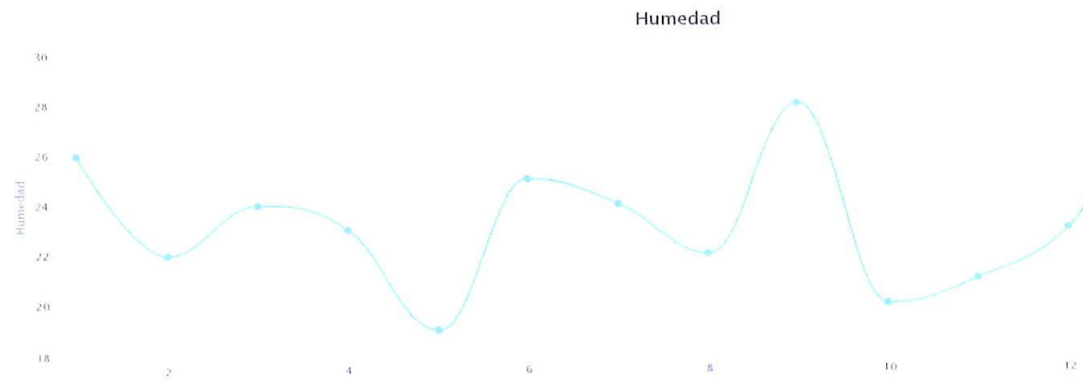
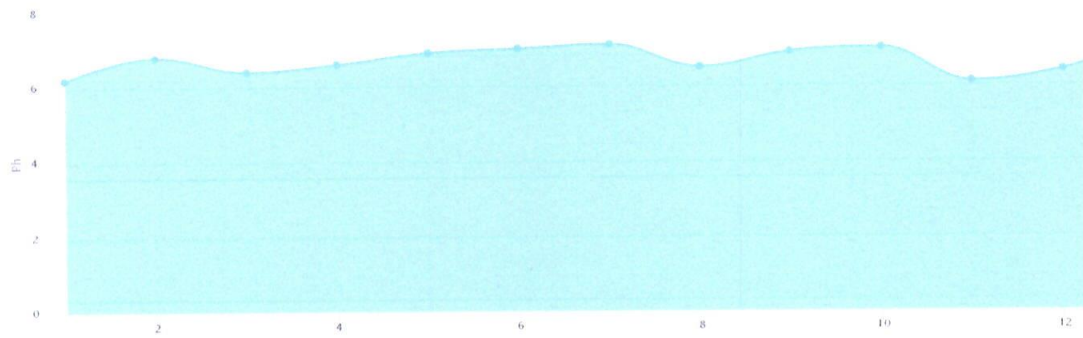
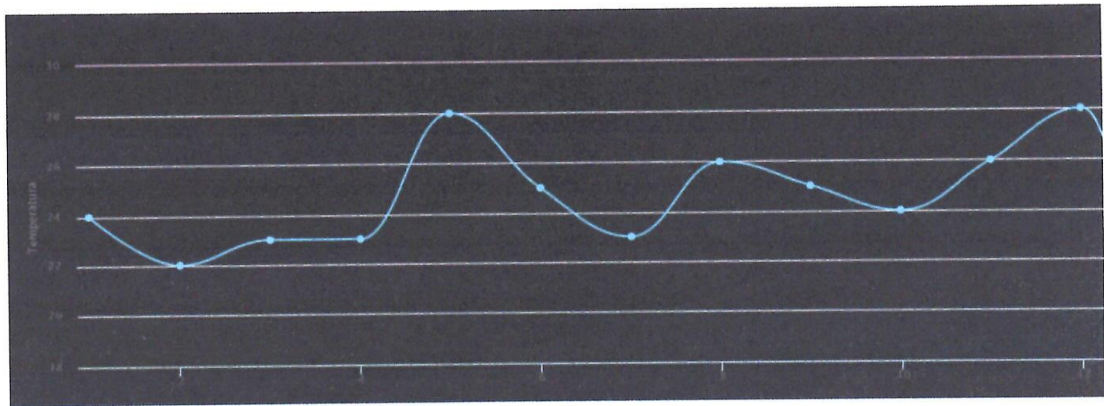
### MUESTRAS

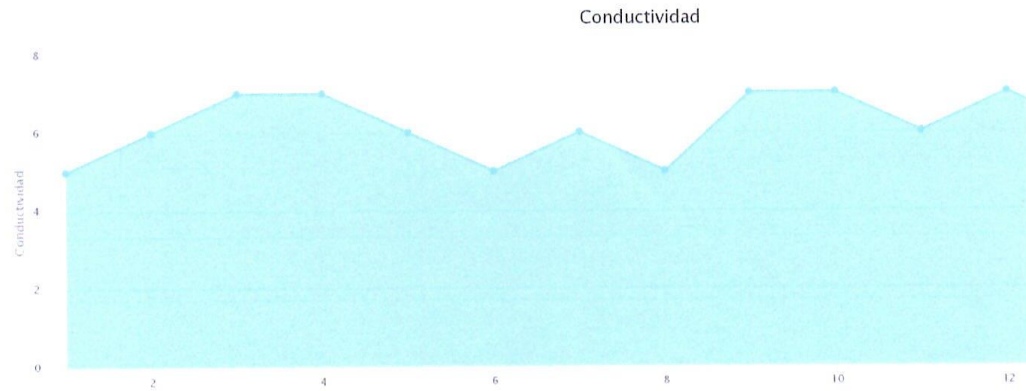
Variables						
ID	Temperatura	Humedad	Ph	Conductividad	Resultado	Fecha
1	24°C	26%	6.2Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:34:05
2	22°C	22%	6.8Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:36:49
3	23°C	24%	6.4Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:40:09
4	23°C	23%	6.6Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:43:33
5	28°C	19%	6.9Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:47:12
6	25°C	25%	7.0Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:50:11
7	23°C	24%	7.1Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:52:36
8	26°C	22%	6.5Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:54:44
9	25°C	28%	6.9Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:56:47
10	24°C	20%	7.0Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:57:38
11	26°C	21%	6.1Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 12:59:59
12	28°C	23%	6.4Ph	7S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 13:03:10
13	19°C	28%	7.1Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 13:08:38
14	20°C	23%	6.2Ph	5S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 13:10:36
15	22°C	26%	7.2Ph	6S/cm	INDICE DE CONTAMINACION NEUTRO	2018-07-19 13:15:29
P	23.86°C	23.6 %	6.7Ph	6.06S/cm		



*Rosely Flower*  
JUB. Rosely Flower

Inicio Tabla





Rango de pH menor a 5.5. Suelos ácidos, el aluminio y el manganeso pueden volverse muy solubles y tóxicos y, además, reducir la capacidad de la planta para absorber fósforo, calcio, magnesio y molibdeno. Especialmente en los suelos ácidos, el fósforo no está disponible para las plantas.

Rango de humedad 16-12 %, suelo arenoso pertenece a la categoría ligero debido a su textura leve y de granos. Este es el tipo más ligero de todos los suelos, y por lo tanto es propenso a la erosión por el agua y el viento si no existen plantas vivas en él.

Rango de temperatura mayor a 25 grados centígrados poca absorción de agua, sin drenaje alguno.

# ANEXO K

## TABLA DE MUESTRAS BOTADERO DE BASURA IZAMBA QUILLAN BAJO

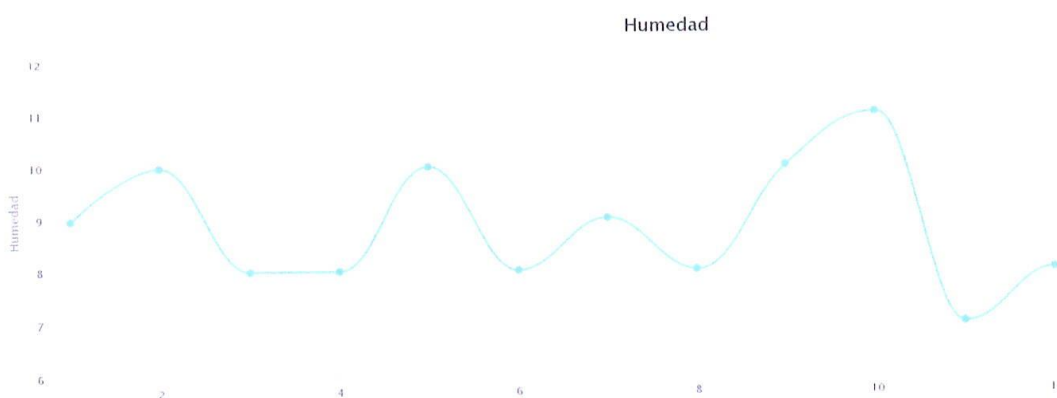
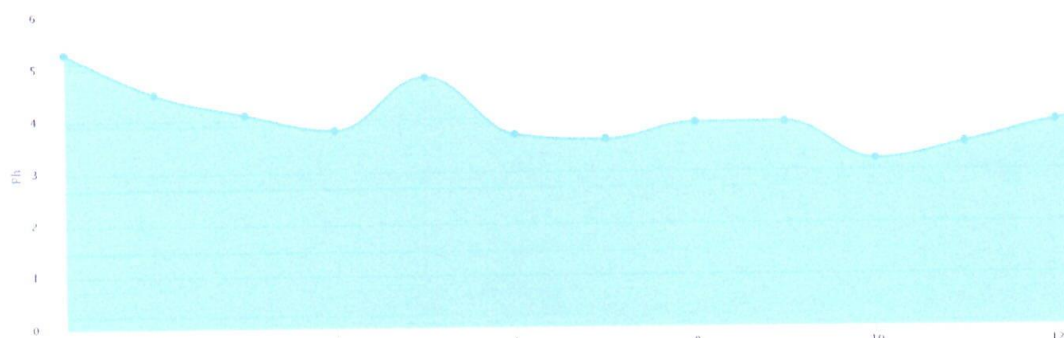
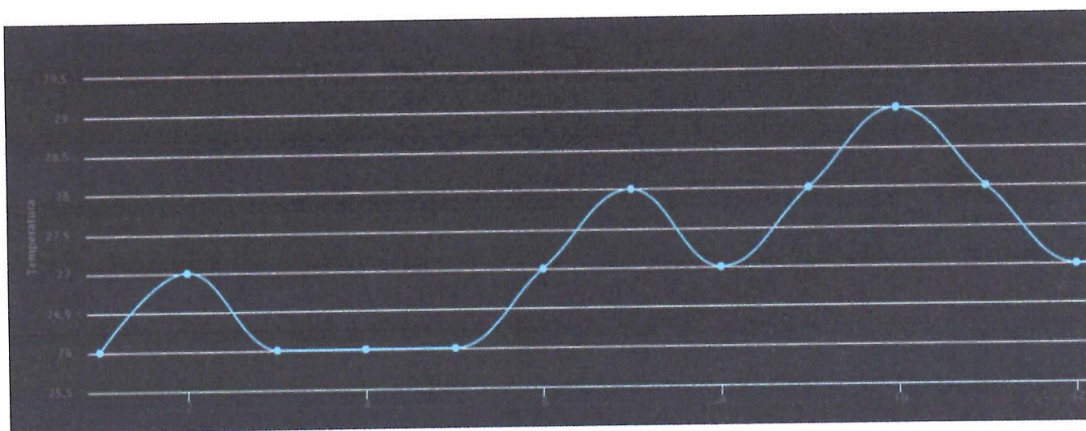
B



### MUESTRAS

Variables						
ID	Temperatura	Humedad	Ph	Conductividad	Resultado	Fecha
15	27°C	9 %	3.7Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:46:37
14	26°C	10 %	4.2Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:46:05
13	27°C	8 %	4.1Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:45:51
12	27°C	8 %	3.9Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:45:17
11	28°C	7 %	3.5Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:45:02
10	29°C	11 %	3.2Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:44:49
9	28°C	10 %	3.9Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:44:22
8	27°C	8 %	3.9Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:44:03
7	28°C	9 %	3.6Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:43:35
6	27°C	8 %	3.7Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:43:14
5	26°C	10 %	4.8Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:42:53
4	26°C	8 %	3.8Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:42:24
3	26°C	8 %	4.1Ph	3 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:41:58
2	27°C	10 %	4.5Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:41:18
1	26°C	9 %	5.3Ph	2 s/cm	INDICE-DE-CONTAMINACION-ALTO	2018-07-24 18:40:40
Prom	27.00°C	8.40 %	3.87Ph	2.80 s/cm		-

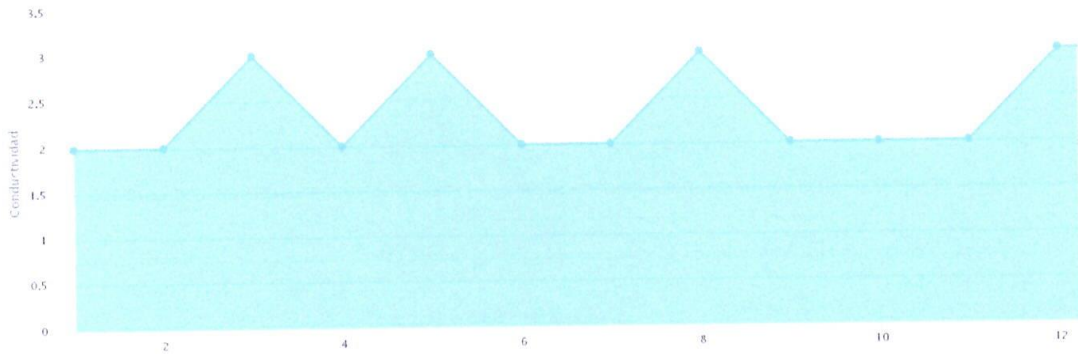
Inicio Tabla



25/7/2018

192.168.0.129/tesis/graficali.html

Conductividad



Rango ph 6.6 – 7.3 Es cuando presenta porcentajes equilibrados y disponibilidad de los elementos químicos primarios y secundarios. El boro, aluminio, zinc, hierro y litio también están presentes en menor proporción.

Rango de Humedad 18-26, suelo franco se considera la textura ideal, porque tiene una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esto supone un equilibrio entre permeabilidad al agua y retención de agua y de nutrientes.

Rango de temperatura 25-35, Zona ideal para la germinación y crecimiento.