



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**SISTEMA DE MEDICIÓN Y MONITOREO DE PARÁMETROS
FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO A TRAVÉS DE UNA
APLICACIÓN DESARROLLADA PARA DISPOSITIVOS
MÓVILES**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

HENRY AGUSTÍN LLUMIGUANO SOLANO

DIRECTOR: ING. JENNY JÁCOME

Quito, Marzo 2018

© Universidad Tecnológica Equinoccial 2018
Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

PROYECTO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0202487963
APELLIDO Y NOMBRES:	LLUMIGUANO SOLANO HENRY AGUSTÍN
DIRECCIÓN:	BERNARDO DE LEGARDA 0E7- 246 Y PEDRO DE ALVARADO
EMAIL:	henry.llumiguano@hotmail.com
TELÉFONO FIJO:	023413827
TELÉFONO MÓVIL:	0999796812

DATOS DE LA OBRA					
TÍTULO:	Sistema de medición y monitoreo de parámetros físico-químicos del suelo a través de una aplicación desarrollada para dispositivos móviles				
AUTOR O AUTORES:	Llumiguano Solano Henry Agustín				
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	1 de Marzo del 2018				
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	ING. Jácome Jácome Jenny Paulina				
PROGRAMA	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">PREGRADO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; width: 20px;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">POSGRADO</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center; width: 20px;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>
PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO	<input type="checkbox"/>		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica				
RESUMEN:	<p>Para medir y monitorear la calidad del suelo existen diferentes dispositivos que permiten la medición hasta dos parámetros físico-químicos y muy pocos para el monitoreo continuo del suelo. Por lo que se construyó un dispositivo electrónico para la medición de cuatro parámetros tales como temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica que fueron monitoreados mediante una aplicación para dispositivos móviles con un sistema operativo Android, a través de una comunicación inalámbrica bluetooth.</p> <p>Se utiliza el modelo en V de la metodología de diseño para sistemas mecatrónicos en el cual se basan los requerimientos, el diseño del sistema, el diseño específico, la integración del sistema y finalmente el producto de todo el sistema de medición y</p>				

monitoreo. Además para los diagramas se utilizó el lenguaje de modelado basado en SysML para la metodología del sistema.

Para analizar la similitud de datos entre el dispositivo electrónico construido y los dispositivos comerciales, se realizó muestras experimentales donde se utilizó una cantidad de suelo (tierra) en la cual se añadió líquido neutro, ácido y básico, de esa manera con los datos adquiridos entre los dos dispositivos en un determinado tiempo se obtuvieron los errores porcentuales; de estabilidad, de promedio de todos los datos adquiridos, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

De la misma forma se realizó el cálculo del consumo de batería tanto del dispositivo electrónico como del dispositivo móvil superando el tiempo requerido de un monitoreo continuo de una hora.

PALABRAS CLAVES:

Dispositivo móvil, Dispositivo electrónico, metodología, medición, monitoreo, suelo, parámetros físico-químicos

ABSTRACT:

To measure and monitor the quality of the soil, there are different devices that allow to measure up to two physical-chemical parameters and very few for the continuous monitoring of the soil. Therefore, an electronic device was built to measure four parameters such as temperature, humidity, pH and electrical conductivity that were monitored by an application for mobile devices with an Android operating system, through a Bluetooth wireless communication. The V model of the design methodology for mechatronic systems is used, which the requirements, the design of the system, the specific design, the integration of the system and finally the product of the entire measurement and monitoring system are based. In addition, a modeling language based on SysML was used for the diagrams of the methodology of the system.

To analyze the similarity of data between the built electronic device and commercial devices, experimental samples were made where a quantity of soil was used in which neutral, acidic and basic liquid was added. This way with the data acquired between the

KEYWORDS

two devices in a given time, percentage errors of stability and average of all acquired data, standard deviation and coefficient of variation were obtained.

In the same way, the calculation of the battery consumption of both the electronic device and the mobile device was made, exceeding the time required for a continuous monitoring of one hour.

Mobile device, electronic device, methodology, measurement, monitoring, soil, physical and chemical parameters

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución:

f. _____



LLUMIGUANO SOLANO HENRY AGUSTÍN

0202487963

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Llumiguano Solano Henry Agustín**, CI 0202487963 autor/a del proyecto titulado: **Sistema de medición y monitoreo de parámetros físico-químicos del suelo a través de una aplicación desarrollada para dispositivos móviles**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Mecatrónica** en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Quito, 1 de Marzo del 2018

f: _____

LLUMIGUANO SOLANO HENRY AGUSTÍN

0202487963

DECLARACIÓN

Yo **LLUMIGUANO SOLANO HENRY AGUSTÍN**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Tecnológica Equinoccial puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



LLUMIGUANO SOLANO HENRY AGUSTÍN

C.I. 0202487963

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo que lleva por título “**Sistema de medición y monitoreo de parámetros físico-químicos del suelo a través de una aplicación desarrollada para dispositivos móviles**”, que, para aspirar al título de **Ingeniero en Mecatrónica** fue desarrollado por **Llumiguano Solano Henry Agustín**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y cumple con las condiciones requeridas por el reglamento de Trabajos de Titulación artículos 19, 27 y 28.

f.  _____

Ing. JÁCOME JÁCOME JENNY PAULINA

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1802820736

DEDICATORIA

Quiero dedicar en primer lugar el presente trabajo de titulación a mi abuelita María Juana Zaruma Cambo (QEPD), quién desde pequeño me cuido, guio y me apoyó moral y económicamente durante mis estudios y la vida cotidiana. De igual manera a mis padres Segundo Agustín Llumiguano Z. y Nancy Mariana Solano G. por darme la vida y estar siempre apoyándome en los momentos difíciles y alegres.

De igual manera a mis tías Norma y Blanca Llumiguano Z, quienes para mí son mis segundas madres que me cuidan, aconsejan y me ayudan siempre económicamente.

Finalmente dedicó todo el trabajo realizado a todos mis tíos, de manera especial a mi tío el Dr. Carlos Llumiguano Z, quién con su gran profesionalismo y perseverancia ha sido y será un ejemplo a seguir para toda la familia, mis eternos agradecimientos a él y su familia por estar siempre pendientes de mis estudios, situación moral y económica.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a una persona que admiro mucho y ha sido un pilar fundamental para mis propósitos académicos en esta ciudad, como es la Ing. Jenny Paulina Jácome J. quién con su profesionalismo y su personalidad me guio, aconsejó y cuidó en todos los momentos alegres y difíciles durante mi vida universitaria.

Quiero agradecer, más que amigos son como hermanos Carlos B, Christian V y Ximena S, con quienes desde tercer semestre empezamos grandes experiencias, enseñanzas, lecciones y siempre nos hemos apoyado anímicamente y económicamente.

Agradezco también a todos mis profesores quienes implantaron durante las horas de clases sus conocimientos, que sé que me ayudarán a desempeñarme muy bien en el ámbito laboral.

Finalmente agradecer a toda mi familia, hermanos, tíos, padres, amigos y a cada una de las personas que de una u otra manera me alentaron con consejos a no darme por vencido y poder llegar a cumplir mis metas académicas.

ÍNDICES DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. METODOLOGÍA	13
2.1. REQUERIMIENTOS	14
2.2. DISEÑO DEL SISTEMA	16
2.2.2. Diseño interno del sistema	18
2.2.3. Diseño de la interacción usuario-sistema	20
2.2.4. Diseño para la interacción usuario-aplicación móvil	20
2.2.5. Diseño de actividades del sistema	22
2.2.6. Diseño de máquinas de estado del sistema	24
2.2.7. Diseño paramétrico del sistema	26
2.3. DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA	27
2.3.1. Subsistema de control	27
2.3.2. Subsistema electrónico	29
2.3.3. Subsistema mecánico	30
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1. ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO	32
3.1.1. Análisis térmico	32
3.1.2. Análisis de caída	33
3.2. PRODUCTO FINAL	35
3.3. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES	36
3.4. PRUEBA DE COMUNICACIÓN Y MONITOREO DE LA APLICACIÓN MÓVIL	39
3.5. DESARROLLO DE PRUEBAS	41
3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS	49
3.7. CONSUMO DE BATERÍAS	50
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	58

ÍNDICES DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Valores de prueba del EC-5	4
Tabla 2. Cuadro comparativo de los sensores de humedad	5
Tabla 3. Especificaciones generales del sensor de pH	6
Tabla 4. Valores promedio de pH	7
Tabla 5. Comparación de sistemas operativos	8
Tabla 6. Comparación de comunicaciones inalámbricas	10
Tabla 7. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica alterna	11
Tabla 8. Criterios de remediación	11
Tabla 9. Reacción de acidez y alcalinidad	12
Tabla 10. Interacción usuario- aplicación móvil	21
Tabla 11. Resultados de calibración del sensor de pH SEN0161	37
Tabla 12. Errores porcentuales de la calibración del sensor pH	37
Tabla 13. Alcance y precisión del sensor 5 TE	38
Tabla 14. Muestra 1, 2 y 3 con 0 ml de líquido	45
Tabla 15. Muestra 1 con 240 ml de líquido neutro	46
Tabla 16. Muestra 2 con 80 ml de líquido ácido	47
Tabla 17. Muestra 3 con 160 ml de líquido básico	48
Tabla 18. Porcentaje de consumo de batería por la aplicación móvil	50
Tabla 19. Consumo de corriente de los componentes electrónicos	51
Tabla 20. Abastecimiento de potencia del sistema de medición	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Modelo en V	13
Figura 2. Requerimientos del usuario	15
Figura 3. Requerimientos de ingeniería	15
Figura 4. Diseño del sensor de temperatura, humedad y conductividad eléctrica	16
Figura 5. Diseño del sistema	17
Figura 6. Diseño interior del sistema	19
Figura 7. Interacción usuario-sistema	20
Figura 8. Interacción usuario-aplicación	21
Figura 9. Diagrama de actividades	23
Figura 10. Diagrama de máquinas de estado	25
Figura 11. Diseño paramétrico del tiempo de duración de la batería del dispositivo electrónico	26
Figura 12. Diseño paramétrico del tiempo de duración de la batería del dispositivo móvil	26
Figura 13. Diagrama de flujo de autenticación de la aplicación móvil	27
Figura 14. Diagrama de flujo de la interfaz de la aplicación móvil	27
Figura 15. Subproceso de selección de la aplicación móvil	28
Figura 16. Diseño de navegación para autenticarse	29
Figura 17. Diseño de navegación de la interfaz de monitoreo de la aplicación móvil	29
Figura 18. Diseño del subsistema electrónico del dispositivo electrónico	30
Figura 19. Modelamiento interno y tapa del dispositivo electrónico	30
Figura 20. Modelado de la protección del sensor de pH	31
Figura 21. Modelado de la protección del sensor 5-TE	31
Figura 22. Análisis térmico del dispositivo caso externo - interno	32
Figura 23. Análisis térmico del dispositivo caso interno – externo	32
Figura 24. Análisis térmico de las protecciones del pH y 5 TE	33
Figura 25. Análisis de caída de 1 y 2 metros	34
Figura 26. Análisis de caída de las protecciones de pH y 5 TE	34
Figura 27. Producto final del dispositivo electrónico	35

Figura 28. Producto final del sistema de medición y monitoreo	35
Figura 29. Calibración del sensor de pH SEN0161	36
Figura 30. Instalación de aplicación móvil	39
Figura 31. Notificación de activación del bluetooth	39
Figura 32. Comunicación inalámbrica con el HC - 05	40
Figura 33. Monitoreo y consulta estadística de la aplicación móvil	40
Figura 34. Notificación de cierre obligatorio de la aplicación móvil	41
Figura 35. Muestra con 0 ml de líquido	43
Figura 36. Muestra 1 con 240 ml de líquido neutro	43
Figura 37. Muestra 2 con 80 ml de líquido ácido	43
Figura 38. Muestra 3 con 160 ml de líquido básico	44
Figura 39. Potencia a los 5 minutos del dispositivo electrónico	52

ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁGINA
Anexo 1. Manual de uso del sistema de medición y monitoreo	58
Anexo 2. Muestra 1 con líquido neutro	66
Anexo 3. Muestra 2 con líquido ácido	69
Anexo 4. Muestra 3 con líquido básico	73
Anexo 5. Dimensiones de las estructuras modeladas	77

RESUMEN

Para medir y monitorear la calidad del suelo existen diferentes dispositivos que permiten la medición hasta dos parámetros físico- químicos y muy pocos para el monitoreo continuo del suelo. Por lo que se construyó un dispositivo electrónico para la medición de cuatro parámetros tales como temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica que fueron monitoreados mediante una aplicación para dispositivos móviles con un sistema operativo Android, a través de una comunicación inalámbrica bluetooth.

Se utiliza el modelo en V de la metodología de diseño para sistemas mecatrónicos en el cual se basan los requerimientos, el diseño del sistema, el diseño específico, la integración del sistema y finalmente el producto de todo el sistema de medición y monitoreo. Además para los diagramas se utilizó el lenguaje de modelado basado en SysML para la metodología del sistema.

Para analizar la similitud de datos entre el dispositivo electrónico construido y los dispositivos comerciales, se realizó muestras experimentales donde se utilizó una cantidad de suelo (tierra) en la cual se añadió líquido neutro, ácido y básico, de esa manera con los datos adquiridos entre los dos dispositivos en un determinado tiempo se obtuvieron los errores porcentuales; de estabilidad, de promedio de todos los datos adquiridos, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

De la misma forma se realizó el cálculo del consumo de batería tanto del dispositivo electrónico como del dispositivo móvil superando el tiempo requerido de un monitoreo continuo de una hora.

Palabras claves: Dispositivo móvil, Dispositivo electrónico, metodología, medición, monitoreo, suelo, parámetros físico-químicos.

ABSTRACT

To measure and monitor the quality of the soil, there are different devices that allow to measure up to two physical-chemical parameters and very few for the continuous monitoring of the soil. Therefore, an electronic device was built to measure four parameters such as temperature, humidity, pH and electrical conductivity that were monitored by an application for mobile devices with an Android operating system, through a Bluetooth wireless communication.

The V model of the design methodology for mechatronic systems is used, which the requirements, the design of the system, the specific design, the integration of the system and finally the product of the entire measurement and monitoring system are based. In addition, a modeling language based on SysML was used for the diagrams of the methodology of the system.

To analyze the similarity of data between the built electronic device and commercial devices, experimental samples were made where a quantity of soil was used in which neutral, acidic and basic liquid was added. This way with the data acquired between the two devices in a given time, percentage errors of stability and average of all acquired data, standard deviation and coefficient of variation were obtained.

In the same way, the calculation of the battery consumption of both the electronic device and the mobile device was made, exceeding the time required for a continuous monitoring of one hour.

Keywords: Mobile device, electronic device, methodology, measurement, monitoring, soil, physical and chemical parameters.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen dispositivos comerciales que permiten medir y monitorear la calidad del suelo, con el fin de tomar acciones para prevenir y controlar los cambios en las características físicas-químicas del suelo producidas por la actividad humana tales como: Geisinger GMH3511, conductímetro Milwaukee, HML704, entre otros, donde su funcionalidad en algunos casos solo permite la medición y muy pocos el monitoreo continuo de los parámetros físico-químicos del suelo, una de las limitaciones de estos dispositivos es medir hasta máximo dos parámetros teniendo la necesidad de adquirir varios equipos en el mercado para medir cada uno de los parámetros existentes en el suelo.

La propuesta en el presente trabajo de investigación es construir un dispositivo electrónico que mida cuatro parámetros físicos-químicos del suelo como temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica obteniendo información mediante una aplicación móvil que permitirá a un profesional ambiental realizar el análisis respectivo y determinar en qué condiciones se encuentra el suelo. Con el análisis realizado se podrá determinar si el suelo es apto para actividades de agricultura, infraestructura de edificaciones u otros usos.

Además se puede realizar aplicaciones de biorremediación aplicando landfarming como técnica de gestión de residuos o aguas residuales donde se obtiene cambios en los parámetros del suelo antes mencionados con la efectividad del proceso y calidad del suelo, teniendo una ventaja en relación a los dispositivos existentes que realizan este tipo de mediciones, puesto que nuestro sistema realizará un monitoreo mediante una aplicación para dispositivos móviles, donde se creará documentos CSV como respaldo a todas las mediciones realizadas.

ESTADO DEL ARTE

Dispositivos existentes para el control de humedad

Se realiza una investigación con respecto a la utilización de dispositivos existentes de humedad como en el proyecto de SDHS: sensor de humedad de suelos según (Guastavino Claudia, 2009) se realiza una comparación técnica entre varios sensores donde se utiliza el sensor comercial EC-5 que trabaja con una frecuencia de 10 MHz a 150 MHz, para las mediciones del proyecto la frecuencia de operación es de 30 MHz obteniendo una calibración y precisión de 1 a 2 % de su linealidad para los diferentes suelos.

Para las pruebas preliminares se presentó un problema al inicio de las mediciones por su constante dieléctrica, que cambia por el tipo de suelo por lo cual se recomienda presentar un nivel inicial de humedad y los resultados obtenidos se cita en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores de prueba del EC-5

Volumen total de agua + tierra (ml)	Volumen de agua agregada (ml)	VWC práctico	Voltaje salida EC-5 (mV)	VWC utilizando ecuación genérica
1250	0	0	262	-8,92%
1250	50	4,00%	358	2,50%
1250	100	8,00%	410	8,69%
1200	150	12,50%	524	22,26%
1150	200	17,40%	462	14,88%

(Guastavino Claudia, 2009)

Las ventajas del sensor es el tiempo de recepción de la medida que es de 10 ms y el rango de salida de voltaje hacia su datalogger está entre los 250 a los 1000 mV. La temperatura de operación correcta del sensor es de -40 °C a 50 °C y el consumo de corriente no supera los 0,9 mA.

En conclusión: el proyecto SDHS presenta fallas perjudiciales en la parte estructural del sensor como corrosión en un rango de trabajo de 2,5 a 3,6 V de alimentación para el sensor, las medidas obtenidas mediante la calibración propuesta por el fabricante fueron completamente incoherentes con los resultados esperados.

Para ello se propone que para que las medidas de humedad sean razonables se debe trabajar con un voltaje máximo de 2,5 V y ser calibrado con las ecuaciones del fabricante, teniendo en cuenta que el límite de salinidad del suelo no superé los 8 dS/m que es perjudicial a la estructura física del sensor y la estabilización de los datos. (Guastavino Claudia, 2009)

De igual manera en la investigación para un prototipo de un sistema multiagente para la automatización de invernaderos conforme a un proceso de riego por goteo para plantaciones de col (Eras, 2016), se utiliza el sensor HL-69 con su respectivo módulo que envía valores analógicos que van de 0 a 1023 a un microcontrolador arduino, donde se establece unos rangos que iban de 0 – 300 muy mojado, 300 – 700 húmedo y de 700 – 1023 seco, representando la cantidad de humedad que hay en el suelo dependiendo de la variación de voltaje.

Se obtiene que los valores estimados y esperados considerando el tiempo de medida de 2 s y una ubicación de los sensores cada 20 cm junto a la planta, de esa manera el prototipo realiza un control para el riego por goteo cumpliendo los parámetros programados por el investigador para la activación de bombas de agua considerando el estado del suelo. (Eras, 2016)

Mientras en el estudio de un diseño de un sistema electrónico para riego de césped de jardín empleando un sensor de humedad de suelos y comunicación inalámbrica según (Salazar, 2013), se realiza una comparación de los sensores de humedad existentes como se cita en la Tabla 2.

Tabla 2. Cuadro comparativo de los sensores de humedad

	Fabricante	Área	Tipo de suelo	Voltaje de alimentación	Unidad de salida
EC-5	Decagon	5 ha	Todos	2.5 a 5 VDC @ 10mA	250mV (seco) 1V (saturado) 0-100% VWC
10HS	Decagon	5 ha	Todos	3 VDC @ 12.15mA 5VDC @15mA	300-1250mV 0-57%VWC
MPS-1	Decagon	5 ha	Todos	2 a 5 VDC @25 mA	500-1000 mV
Watermark	Irrrometer	7 ha	Suelos de baja salinidad	9 VDC	550-15440 Ohms
Vegetronix	VG400	1 ha	Todos	2 o 3.3 a 20 VCC	0 hasta 1.8 o 3.3 V
Vegetronix	VH400	1 ha	Todos	3.3 a 20 VCC	0 a 3 V

(Salazar, 2013)

Los sensores de matriz granular son adaptaciones de los sensores de resistencia eléctrica como es el VH400 que utilizan materiales alternativos que no se degradan fácilmente, tienen una mayor vida útil de 5 a 7 años, son sensibles a la salinidad que requieren una calibración para cada suelo pero su uso no es recomendable para suelos con potenciales matriciales muy alto (suelos muy arenosos o muy abonados). La desventaja de estos sensores es que su respuesta para estabilizar los resultados es considerado lento, el rango de medición es de 0 a 239 [kPa].

Sin embargo para implementación del sistema de riego se decide utilizar el sensor VH400 de Vegetronix por el consumo de energía que es menor a 0,7 mA y trabaja a una frecuencia de 80 MHz y no se necesita una linealidad de resultados para la calibración.

De acuerdo a las pruebas finales se verifica con exactitud que el sensor VH400 envió datos de VWC cada cierto tiempo y mediante el control se realiza la activación o desactivación de las electroválvulas para el riego, facilitando así el cumplimiento en el desarrollo del proyecto. (Salazar, 2013)

Al respecto del sensor WATERMARK W5SS que es utilizado para el control y supervisión de variables en un sistema de antiheladas, regadío y ventilación para optimizar los cultivos bajo invernadero según (Erazo Mario, 2011), se utiliza en todos los cultivos y a su vez se adapta a todos los tipos de suelos hasta los más arcillosos reflejando tensiones entre 10 y 200 [kPa].

Tomando en cuenta los criterios de una construcción robusta en acero inoxidable, plástico ABS y una tela hidrófila para una larga vida de funcionamiento que no requiere mantenimiento y puede pasar temporadas bajo el suelo motivo que tampoco es sensible al frío.

Los resultados se basan en un cultivo por el método de goteo donde el sensor se lo ingresaba a una profundidad de 20 cm a 40 cm del modo según el estado del suelo se suspendía o permitir el riego por goteo, su consumo de energía fue de menos 1 mA, el rango de la salida va de los 55 a los 28000 Ω y el rango de medición de 0 – 200 [kPa].

En este sentido se obtuvo una señal de salida de 20 mA en el estado seco que pertenece a 200 [kPa] y al utilizar agua la señal de salida fue de 4 mA en su alta humedad que corresponde a 0 [kPa]. Para lo cual los resultados por parte del sensor y el acondicionamiento para la medición del suelo en el invernadero funcionaron correctamente. (Erazo Mario, 2011)

Dispositivos existentes para el control de pH

Para el diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola según (Rivera Herrera Diana Isabel, 2015) se utiliza el sensor de Potencial de Hidrógeno (pH) de Atlas Scientific que permite una solución rápida y de bajo costo, además es un sistema embebido que consta de una sonda de pH, que es un elemento pasivo de una pequeña corriente eléctrica por la actividad de los iones de hidrógeno.

Así como la corriente medida por el sensor puede ser positiva o también negativa que no puede ser detectada por dispositivos como los multímetros. Las especificaciones técnicas del sensor se citan en la Tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones generales del sensor de pH

Rango de pH	0-14 (Na + error at>12.3 pH)
Temperatura de operación	1 °C – 99 °C
Presión máxima	690 kPa (100Psi)
Velocidad de respuesta	95% in 1 second
Punto isopotencial	pH 7.00 (0 mV)
Dimensiones	12 mm X 150 mm (1/2" X 6")
Tipo de conector	BNC

(Rivera Herrera Diana Isabel, 2015)

En cuanto a la medición del pH con el sensor de Atlas Scientific es necesario la utilización de un circuito EZO que brinda una gran estabilidad y precisión durante la medición con la sonda y también una gran resolución en la entrega de datos, para lo cual al efectuar la conversión de la señal analógica a un valor digital esto aumenta la carga en el procedimiento de recepción de datos con el microcontrolador utilizado previniendo los posibles errores al momento de la medición. (Rivera Herrera Diana Isabel, 2015)

De igual manera en la investigación de un sistema electrónico para la detección de ceniza volcánica y protección de cultivos (Chango, 2015) se realizó una comparación de la variedad de sensores que son utilizados para

mediciones de laboratorio y otros para operaciones industriales, como resultado se decide utilizar el sensor de pH de marca DFROBOT diseñado específicamente para trabajar con Arduino, su costo es accesible y sus especificaciones técnicas son las más indicadas.

Por lo tanto el sensor DFROBOT es calibrado con soluciones de agua destilada logrando estabilizar el pH conocido, este método consiste en usar el sistema de electrodos sensitivos al pH, basado en la Norma INV E-131-07 (Sebastian, 2013).

Para las pruebas se utiliza un recipiente de plástico que contenía una cantidad de 20 ml de agua destilada con 2 g de ceniza, al aumentar más gramos de ceniza el valor de pH sufrió un cambio mínimo como se cita en la Tabla 4.

Tabla 4. Valores promedio de pH

Muestras ceniza C1								
	pH inicial	2g	4g	6g	8g	10g	15g	20g
Promedio pH	5,3062	5,3273	5,3619	5,3633	5,3616	5,3625	5,3602	5,3608
Porcentaje de variación (%)		0,3986	1,0504	1,0773	1,0450	1,0611	1,0181	1,0288

(Chango, 2015)

Dispositivos existentes para el control de conductividad eléctrica

En el estudio de automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos según (Sanchez, 2013) se utiliza el sensor de conductividad eléctrica de la marca de Atlas Scientific, dentro de sus propiedades se puede mencionar que es resistente a la corrosión y extremadamente durable respecto a su diseño robusto y sencillo que permite una vida útil del sensor.

Para el sensor de conductividad es necesario un circuito desarrollado por la misma marca que realiza la lectura de los valores analógicos convirtiéndolos a valores digitales para poder transmitir mediante una conexión serial asíncrona hacia un microcontrolador, las lecturas se realizaban cada ± 5 us.

Así mismo para realizar las diferentes pruebas de conductividad eléctrica se utilizaron soluciones que fueron vertidas en un recipiente con la finalidad de sensar los valores de conductividad eléctrica y realizar la respectiva calibración del sensor, logrando obtener un sistema de control de salinidad y la automatización del proceso de cultivo. (Sanchez, 2013)

Propuesta del dispositivo electrónico

Apoyándose en los trabajos de investigación descritos se realiza la propuesta de un prototipo alternativo con ventajas operatividad y medición de cuatro parámetros como temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica.

De acuerdo a la investigación se decide la utilización del sensor 5TE, por su ventaja en la precisión de tres parámetros a medir. El de temperatura que tiene rango de -40 a 60 °C con un margen de error de ± 1 °C, el de humedad que su rango es 1 a 80% con un error de ± 1 a 3 % y el de conductividad electrónica que tiene el rango de 0 a 23 dS/m con un error de 0,01 dS/m. y dos diferentes métodos de comunicación mediante Serial (TTL) y SDI-12.

Por su parte para la medición del cuarto parámetro del pH, se decide la utilización del sensor de Atlas Scientific que utiliza un circuito EZO que brinda una gran estabilidad y precisión durante la medición con la sonda, en un rango de medición de 0 a 14, la temperatura de operación es de 1 a 99 °C con una velocidad de respuesta del 95 % en menos de 1 minuto con un conector BNC para su comunicación.

Sistema operativo

Al respecto del diseño e implementación de una aplicación móvil para el monitoreo de un socket autoajutable según (Mazas, 2014), se realiza una comparación de los diferentes sistemas operativos más utilizados en la actualidad, para sustentar el más adecuado para desarrollar aplicaciones móviles con una estabilidad durante el monitoreo del socket se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Comparación de sistemas operativos

Sistema operativo	Características
Symbian	Para móviles (OS) de código abierto que a su vez son utilizados en dispositivos de gama baja como los Nokia, que ayudan a comunicaciones inalámbricas por medio de un buzón integrado.
BlackBerry OS	Son utilizados frecuentemente por usuarios corporativos por la sincronización con otro software de negocio Microsoft Exchange, Lotus, Domino, etc.
iOS	Sus aplicaciones son usadas para iPad, iPad2 e iPod Touch, un punto importante del sistema operativo es su seguridad por ser un código cerrado impidiendo de esa manera la instalación de aplicaciones que no sean creadas por su propio IDE.
Windows Mobile	Es un sistema operativo creado por Microsoft, tiene una facilidad compatible con programas de Windows, como Microsoft office.
Android	Un sistema operativo libre y de código abierto lo que ayuda a tener una flexibilidad para trabajar en diferentes plataformas de programación. Las aplicaciones desarrolladas para sistema operativo pueden ser diseñadas por cualquier usuario y ser instaladas en teléfonos móviles inteligentes sin ninguna restricción.

(Mazas, 2014)

En base a la tabla de comparación se decide trabajar en el diseño e implementación de una aplicación móvil para monitoreo de un socket autoajutable en su sistema operativo Android, la aplicación del proyecto se desarrolla en una plataforma gratuita llamada App Inventor en su versión v132 por la versatilidad en la programación en bloques dando resultado a una facilidad lógica para cumplimiento del proceso de recepción de información y visualización de gráficas de temperatura y humedad del socket con la comunicación inalámbrica bluetooth. (Mazas, 2014)

De igual manera en el estudio del análisis para el diseño e implementación de una aplicación móvil para el monitoreo en tiempo real de CCTV para dispositivos Android según (Vargas & Bravo, 2015) se usa la red dispositivo móvilr utilizando la infraestructura de conexión por plan de datos o por conectividad Wireless.

Además la aplicación móvil permite conectarse con las cámaras mediante IP que realiza capturas de imágenes y también videos los cuales podían ser monitoreados por un servidor de archivamiento remoto, mediante una transmisión en tiempo real.

Estos registros se almacenan en el dispositivo móvil o navegadores locales remotos mediante una comunicación por medio de las direcciones de red o la IP de cada componente utilizado para la captura de imágenes y el videovigilancia. (Vargas & Bravo, 2015)

No obstante en la investigación en el desarrollo de una aplicación móvil en sistema Android para el control remoto de dispositivos mediante la tecnología bluetooth 4.0 (Muñoz, 2015) parte de su comunicación se realiza con las especificaciones de la IEEE 802.15.1 para los dispositivos mediante un radioenlace a 2.4 GHz.

Una de las especificaciones técnicas del bluetooth en una comunicación con otro módulo a 720 Kbps en un rango de 10 m, trabaja a una frecuencia de 2.4 a 2.48 GHz, la potencia de transmisión necesaria para una distancia de 10 m es de 1 mW mientras que para distancias mayores es de hasta 1 W.

Dentro de los aspectos técnicos se encuentra el bluetooth con un rango de alcance de 0 a 100 m, donde tiene una trasmisión de datos máximo hasta 1 Mbps y reduce la latencia de comunicación con respecto a otros módulos de bluetooth de 100 ms a 6 ms y el tiempo de encendido pasa de 6 s a 3 ms.

Para las características de comunicación inalámbricas se realizaron comparaciones de los tipos de comunicación remotas como se puede visualizar en la Tabla 6. (Muñoz, 2015)

Tabla 6. Comparación de comunicaciones inalámbricas

	ZigBee	Bluetooth	NFC
Banda de frecuencia	2'4 GHz, 868/915 MHz	2'4 GHz	13'56 MHz
Tipos de datos	Digital	Digital, audio	Digital
Alcance	1 -100 m	1 -100 m	10 cm
Números de dispositivos	255 / 65535	8	Punto a punto
Consumo de potencia	30 mA trx. 3 mA reposo	40 mA trx. 0'2 mA reposo	>15 mA trx.

(Muñoz, 2015)

Propuesta para el desarrollo de la aplicación móvil

Apoyándose en los trabajos de investigación descritos se propone la elaboración de una aplicación móvil para sistema operativo Android con una comunicación inalámbrica bluetooth, que en la actualidad es lo más utilizado por la población.

La aplicación móvil se desarrollará en una plataforma gratuita llamada App Inventor 2 en su versión v132 por la versatilidad en la programación en bloques dando resultado a una facilidad lógica para cumplimiento del proceso de recepción de información a través de una comunicación inalámbrica, visualización de gráficas en tiempo real y la creación de documentos csv.

Normativa de los efectos fisiológicos

La corriente eléctrica puede producir efectos como asfixia, electrización, electrocución, fibrilación ventricular y tetanización. Esto se debe al paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano que provocan efectos como lesiones físicas hasta el fallecimiento.

Los efectos fisiológicos producidos por el paso de una intensidad eléctrica (50/60 Hz) se visualiza en la Tabla 7 de acuerdo a la norma UNE 20572. Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano (AENOR, 1997).

Tabla 7. Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica alterna

Intensidad	Efectos fisiológicos en condiciones normales
0 – 0,5 mA	No se observan sensaciones ni efectos. El umbral de percepción se sitúa en 0.5 mA
0,5 – 10 mA	Calambres y movimientos reflejos musculares. El umbral de no soltar se sitúa en 10 mA
10 – 25 mA	Contracciones musculares. Agarrotamiento de brazos y piernas con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25 – 40 mA	Fuerte tetanización. Irregularidades cardiacas. Quemaduras. Asfixia a partir de 4 s
40 – 100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardiacas.
~ 1 A	Fibrilación y paro cardiaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte.
1 – 5 A	Quemaduras muy graves. Parada cardiaca con elevada probabilidad de muerte

(Villarrubia, 2000)

Criterio de remediación o restauración del suelo

Se establece de acuerdo al uso del suelo (agrícola, comercial, residencial e industrial) los niveles de concentración de contaminantes de un suelo en proceso de remediación o restauración en la norma de calidad ambiental del **recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados del libro VI anexo 2**, como se puede observar en la Tabla 8 donde se pone énfasis en los parámetros físico- químicos que se medirán y monitoreará por el dispositivo electrónico y la aplicación móvil diseñada respectivamente.

Tabla 8. Criterios de remediación

Sustancia	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

(Ministerio del Ambiente, 2009)

Características Químicas del Suelo

Para un adecuado uso del suelo en actividades agrícolas se toma en cuenta los valores de pH presente en el suelo mediante la norma de calidad ambiental del **recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados del libro VI anexo 2** donde en la Tabla 9 se especifica que producto es el más adecuado para ese tipo de suelo.

Tabla 9. Reacción de acidez y alcalinidad

pH	Designación del suelo	Cultivo o vocación agrícola
3 – 4,5	Suelo extremadamente ácido	Pantanos, landas o bosques de especies acidófilas
4,5 – 5	Suelo muy fuertemente ácido	Landas o prados
5 – 5,5	Suelo muy ácido	Prados, cultivos de especies acidófilas (centeno)
5,5 – 6	Suelo ácido	Prados y algunos cultivos (maíz)
6,6 – 6,75	Suelo poco ácido	Todos los cultivos excepto leguminosas calcícolas
6,75 – 7,25	Suelo neutro	Todos los cultivos
7,25 – 8,5	Suelo alcalino	Todas las especies excepto las calcífugas
> 8,5	Suelos muy alcalinos	Dificultades o fracasos de los cultivos

(Ministerio del Ambiente, 2009)

Objetivos

El objetivo general del presente trabajo de titulación es construir un dispositivo electrónico de medición y monitoreo de parámetros físico-químicos del suelo a través de una aplicación desarrollada para dispositivos móviles.

Para lograr el objetivo general se considera los siguientes objetivos específicos:

- Diseñar un prototipo del dispositivo electrónico que vincule el sensor de temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica.
- Desarrollar una aplicación móvil que permite la visualización y manipulación de los datos proporcionados por el dispositivo electrónico.
- Integrar la aplicación móvil con el dispositivo electrónico para el monitoreo de los parámetros físicos- químicos del suelo.
- Evaluar la veracidad de los datos proporcionados por el dispositivo electrónico a través de la aplicación móvil con dispositivos existentes.

2. METODOLOGÍA

El proyecto se realizó a partir del modelo en V como se observa en la Figura 1 de la metodología de diseño para sistemas mecatrónicos.

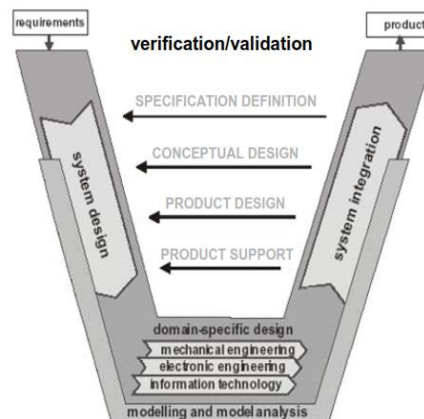


Figura 1. Modelo en V
(Deursher, 2004)

- **Requerimientos**

Para identificar los requerimientos del sistema se realizó reuniones con V. Arias, F. Armas y D. Arboleda docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental quienes expusieron la necesidad de contar con un dispositivo MULTIPARAMETRO para ensayos de calidad de suelos y biorremediación aplicando la técnica de landfarming en los laboratorios de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL con sede en Quito.

Para el proyecto planteado se construyó un dispositivo electrónico que cuenta con sensores de humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica. También se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo Android para el monitoreo de los parámetros físico-químicos del suelo, donde se visualiza gráficamente en función del tiempo obteniendo un monitoreo en tiempo real, conjuntamente se puede obtener valores estadísticos básicos como máximos, mínimos, promedios de los datos medidos y como respaldo a todos los datos receptados se creó automáticamente un documento de formato csv por cada muestra realizada, mientras el dispositivo electrónico tuvo un módulo de almacenamiento externo para guardar las muestras monitoreadas.

- **Diseño del sistema**

Se realizó el diseño del dispositivo electrónico con la ayuda de software CAD, donde se diseñó los soportes para los diferentes sensores de humedad, temperatura, pH, conductividad eléctrica, el microcontrolador, el módulo de comunicación, el módulo de almacenamiento externo y la respectiva alimentación, siendo un dispositivo compacto.

También se desarrolló una aplicación móvil con un software libre para la creación de aplicaciones android, que sirvió para la comunicación inalámbrica con el dispositivo electrónico, la visualización gráfica de los resultados obtenidos y la creación de un documento csv.

- **Diseño específico**

- **Diseño mecánico**

Se tomó en cuenta el material del dispositivo electrónico dependiendo en qué condiciones ambientales estuvo expuesto el dispositivo electrónico, donde el modelado se lo desarrollo con la ayuda de un software CAD.

- **Diseño electrónico**

Se estableció la conexión de los sensores con el microcontrolador usando los diferentes materiales pasivos, para la comunicación con la aplicación móvil se utilizó un módulo de comunicación inalámbrica y para el respaldo de información un módulo para almacenamiento externo.

- **Tecnología de la información**

Se desarrolló en un software libre la aplicación móvil para sistemas operativos android, que permitió monitorear los datos enviados inalámbricamente por el dispositivo electrónico obteniendo de esa manera la visualización de gráficas de los parámetros solicitados, la consulta de valores estadísticos y la creación automática de un documento de respaldo.

- **Integración del sistema**

Se estableció la comunicación de la aplicación móvil con el dispositivo electrónico donde se observó datos reales emitidos por los sensores, que estos a su vez fueron visualizados y monitoreados por medio de la aplicación móvil desarrollada.

2.1. REQUERIMIENTOS

Especificaciones de los requerimientos del sistema

Realizada una investigación exhaustiva se procedió a la construcción de un dispositivo electrónico para la medición en tiempo real de humedad, temperatura, pH y conductiva eléctrica. Las mediciones de los parámetros mencionados se monitoreo por parte del usuario a través de una aplicación móvil con un sistema operativo android que contó con consultas estadísticas como valores máximos, mínimos, el promedio de los valores medidos en el tiempo estimado por el usuario, también se exporto un documento csv con todos los datos obtenidos.

Requerimiento del usuario y requerimiento de ingeniería

Las principales especificaciones de los requerimientos del sistema por el usuario se muestran en la Figura 2, donde se cuenta con sensores para la medición de humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica, estos sensores enviaron datos digitales y analógicos que serán receptados por un microcontrolador que realizó conversiones y envió estos nuevos datos ya configurados o transformados mediante un módulo de comunicación inalámbrica a un dispositivo móvil para realizar el monitoreo a través de la aplicación desarrollada.

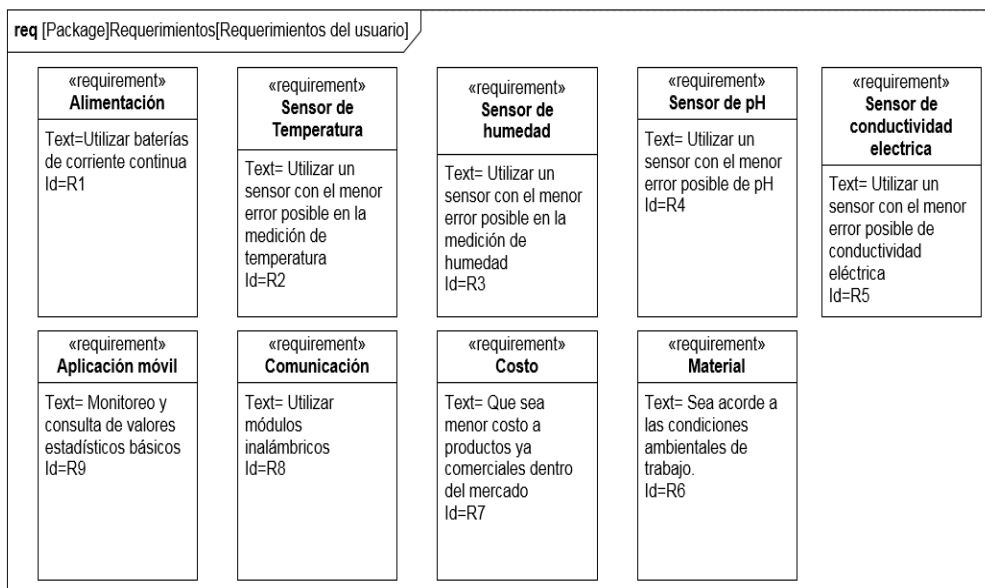


Figura 2. Requerimientos del usuario

En los requerimientos de ingeniería Figura 3 se especifica los rangos de medición que requirieron los sensores que se utilizaron, el tiempo de monitoreo requerido, el material a utilizar para el dispositivo electrónico. También se consideró el costo y los parámetros que debe contar el dispositivo móvil para la comunicación inalámbrica y finalmente el almacenamiento externo como respaldo para los datos monitoreados.

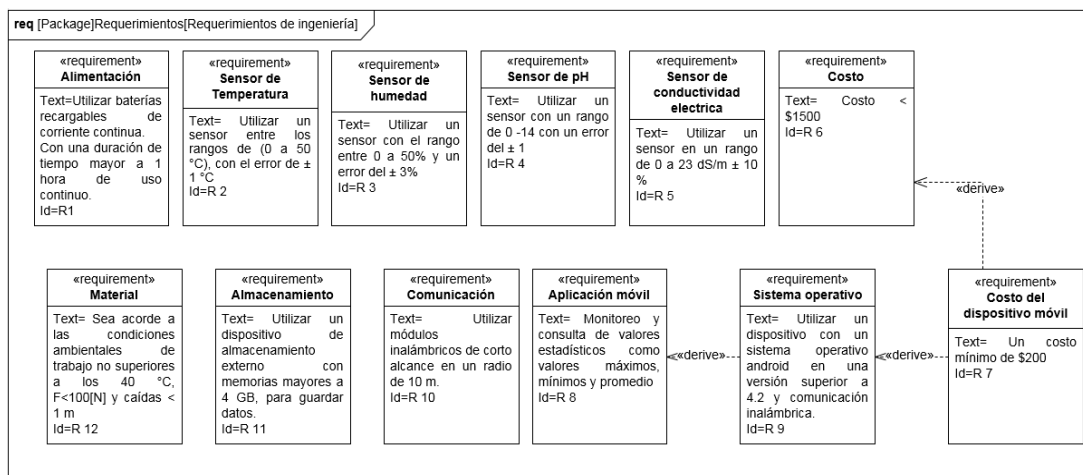


Figura 3. Requerimientos de ingeniería

2.2. DISEÑO DEL SISTEMA

Descripción general del diseño del sistema

En el diseño del sistema se realizó un diagrama general que se subdivide en dos partes tanto el hardware como software que son componentes principales para el objetivo principal del proyecto como se puede observar en la Figura 5.

Diseño del hardware

El hardware o dispositivo electrónico está compuesto por un sensor que midió los tres parámetros como: humedad, temperatura y conductividad eléctrica como se visualiza en la Figura 4, también contó con un sensor de pH Figura 5. Los dos sensores permiten la medición de los parámetros físico-químicos del suelo los cuales serán controlados por un microcontrolador que es el principal cerebro del todo el hardware.

Asimismo cuenta el dispositivo electrónico con la respectiva alimentación que se estableció con baterías recargables, se incorporó un módulo de comunicación inalámbrica y un módulo de almacenamiento externo que fueron controlados por el microcontrolador el cual permite la comunicación y el respaldo de información.

Diseño del software

Para el diseño del software como se puede visualizar en la Figura 5, se tomó en cuenta la utilización de un dispositivo móvil que tenga incorporado un módulo de comunicación inalámbrica.

Al partir del requisito del dispositivo móvil se procedió al desarrollo de una aplicación móvil que en su programación cuenta con un método de comunicación inalámbrica que permitió el enlace con el dispositivo electrónico.

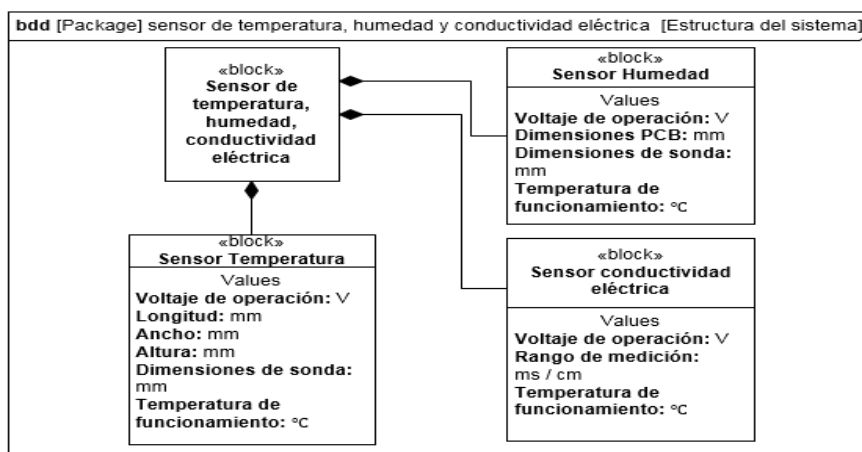


Figura 4. Diseño del sensor de temperatura, humedad y conductividad eléctrica

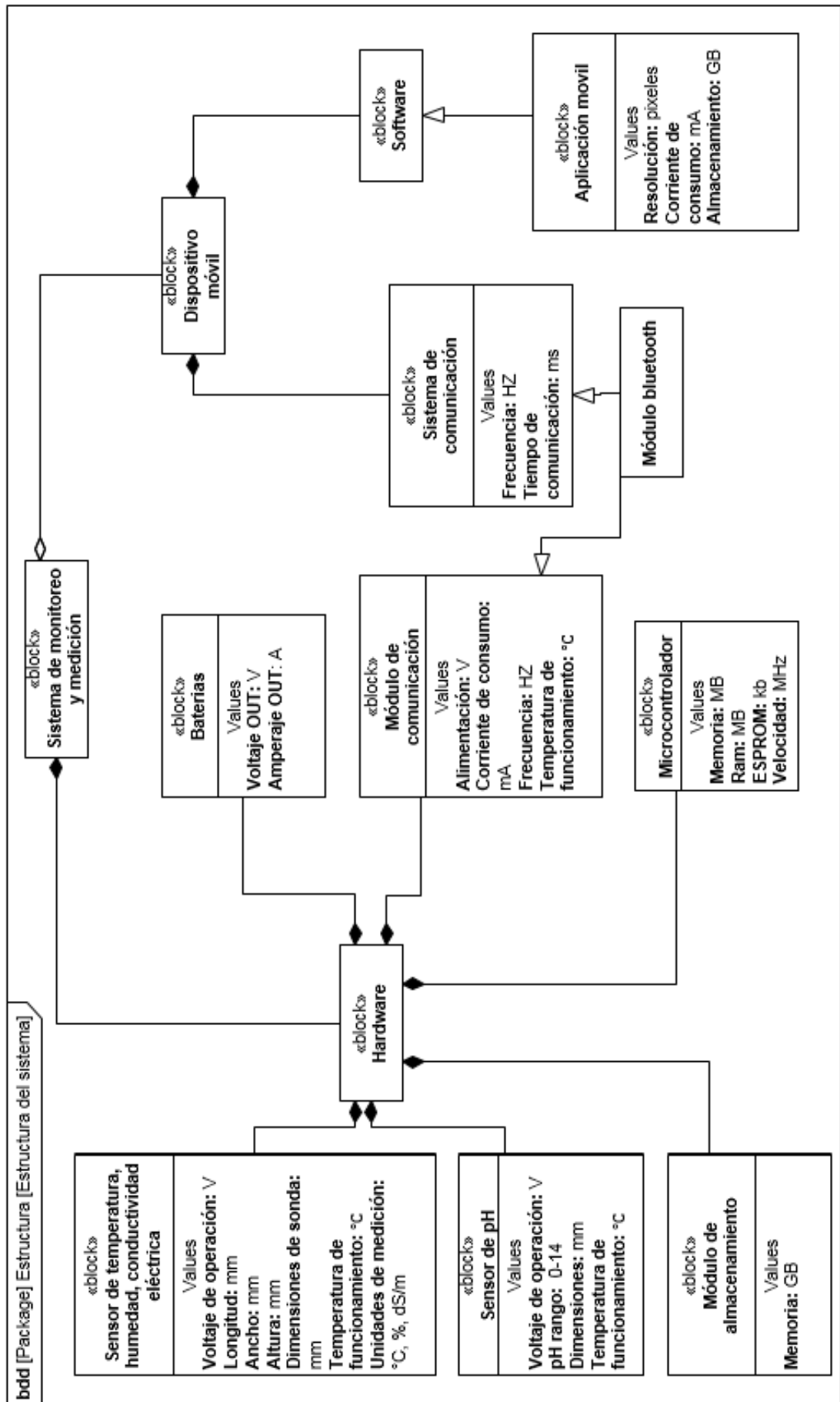


Figura 5. Diseño del sistema

2.2.2. Diseño interno del sistema

Diseño interno del hardware

En el dispositivo electrónico, el componente principal para el presente proyecto es el microcontrolador arduino que se alimenta a 9 V con baterías recargables, a su vez el microcontrolador recibió los datos de dos sensores, el sensor de pH con la adaptación de la tarjeta de acondicionamiento y el sensor 5 TE de la marca Decagon Devices que en su estructura física cuenta con el sensor de humedad, temperatura y conductividad eléctrica, todos los datos recibidos fueron emitidos o enviados por medio del módulo de comunicación inalámbrica bluetooth que fue adaptado al microcontrolador, además el dispositivo electrónico al finalizar su proceso emitió un documento CSV a una tarjeta de almacenamiento externa como se puede observar en la Figura 6.

De la misma manera los datos emitidos por el módulo de bluetooth del dispositivo electrónico fueron recibidos por el dispositivo móvil que tiene un incorporado internamente un módulo de bluetooth.

Diseño interno del software

Se diseñó una aplicación móvil para el monitoreo de los parámetros físico-químicos del suelo basado para el sistema operativo Android, todos los datos recibidos por el dispositivo móvil se pudo obtener gráficamente la variación de los valores de humedad, temperatura, pH y conductividad eléctrica en tiempo real, además se logró tener una opción para exportar un documento CSV de todos los datos recibidos en ese momento.

Durante el monitoreo se realizó la consulta de los valores estadísticos máximos, mínimos y el promedio de los datos de los parámetros monitoreados y una actualización de los nuevos datos recibidos como se observa en la Figura 6.

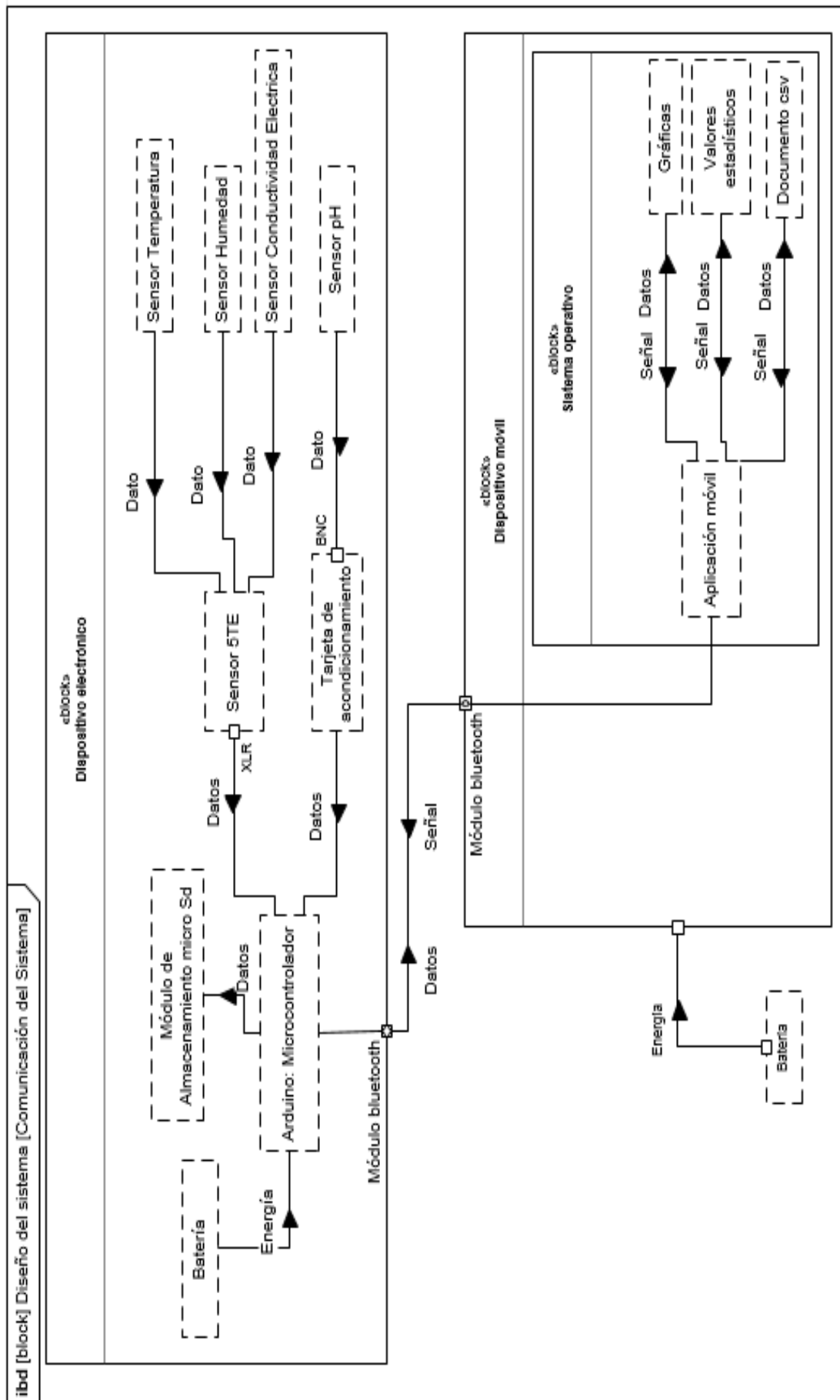


Figura 6. Diseño interior del sistema

2.2.3. Diseño de la interacción usuario-sistema

El diagrama de uso de casos de la Figura 7, se puede visualizar en síntesis el funcionamiento de todo el sistema de medición y monitoreo, también como el usuario logró interactuar con el dispositivo electrónico y la aplicación móvil.

Por lo tanto para encender el dispositivo electrónico se procedió a insertar los sensores al suelo, como también al abrir la aplicación para realizar las diferentes etapas de comunicación inalámbrica, monitoreo, consulta de valores estadísticos y para la finalización de la aplicación.

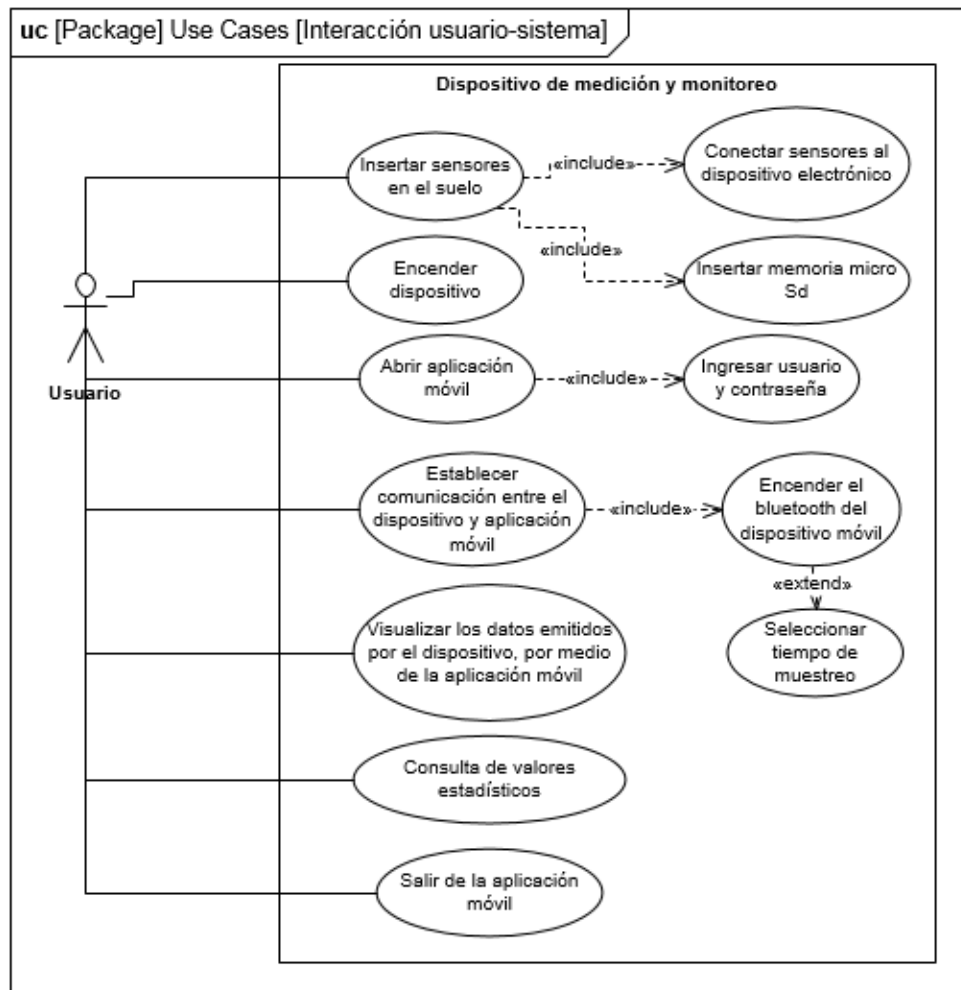


Figura 7. Interacción usuario-sistema

2.2.4. Diseño para la interacción usuario-aplicación móvil

Al abrir la aplicación móvil como primer procedimiento y obligatorio se debía ingresar el usuario y contraseña como se presenta en el diagrama de uso de caso de la Figura 8, después de autenticarse se tuvo cuatro opciones como se especifica en la Tabla 10 con su funcionalidad.

Tabla 10. Interacción usuario- aplicación móvil

Opción conectar	Conectar	Permite el enlace del dispositivo móvil con el dispositivo electrónico por medio del bluetooth
	Desconectar	Permite desenlazar el dispositivo móvil con el dispositivo electrónico por medio del bluetooth
	Tiempo de muestra	Permite seleccionar el intervalo de tiempo para la toma de datos.
Opción monitoreo	Empezar	Permite la recepción de los datos desde el dispositivo electrónico que son representados mediante gráficas de temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica
	Terminar	Permite detener la recepción de los datos desde el dispositivo electrónico.
	Exportar CSV	Permite crear un documento csv automáticamente de todos los datos monitoreados con el nombre de libro y la fecha.
Opción consulta	Actualizar	Permite la visualización de una tabla de datos estadísticos de cada uno de los parámetros medidos por el dispositivo electrónico.
Opción salir		Permite salir de la aplicación móvil y terminar la comunicación inalámbrica

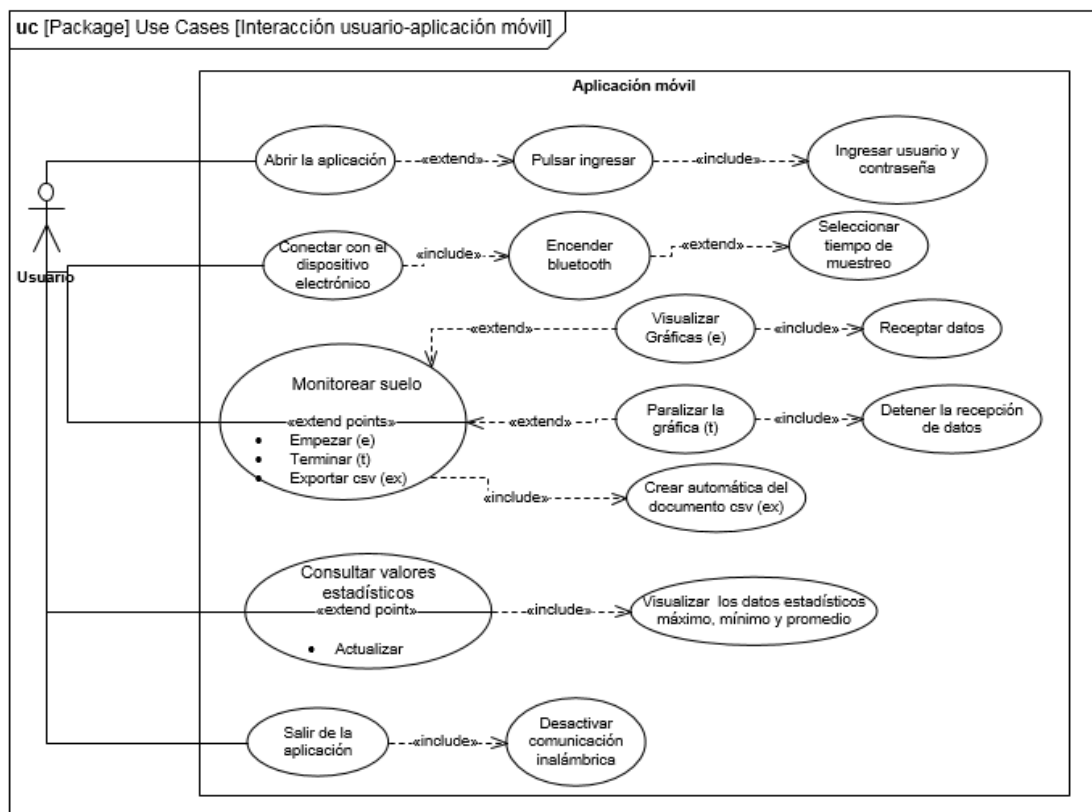


Figura 8. Interacción usuario-aplicación

2.2.5. Diseño de actividades del sistema

Las actividades del sistema se detallan a continuación en la Figura 9 donde se puede visualizar en la parte de las actividades del dispositivo electrónico se inició con la conexión de los sensores en sus respectivos puertos, a partir de ello se procedió al encendido y a establecer la comunicación inalámbrica entre el dispositivo móvil.

Desde la aplicación móvil se realizó el monitoreo de los parámetros físico-químicos del suelo a través de una gráfica mediante la recepción de los datos que eran emitidos por el dispositivo electrónico en el intervalo de tiempo de recepción mientras se encontraban enlazados, también se obtuvo la creación automática de documentos de formato csv y finalmente se ejecutó la consulta de valores estadísticos.

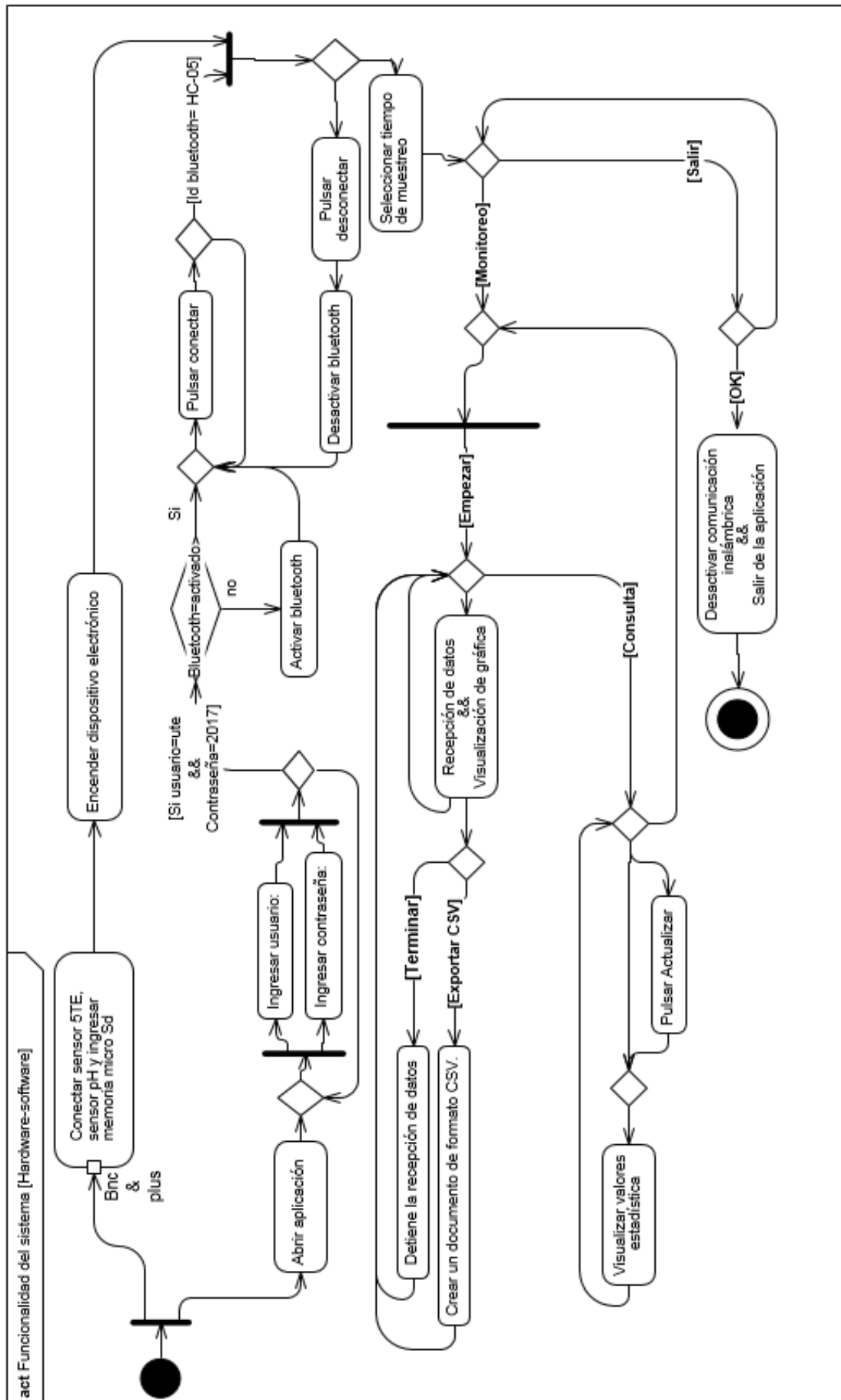


Figura 9. Diagrama de actividades

2.2.6. Diseño de máquinas de estado del sistema

Para el diseño de máquinas de estado del sistema de medición y monitoreo se especifica detalladamente en la Figura 10, tomando en cuenta desde el mínimo detalle de funcionalidad tanto del dispositivo electrónico como del dispositivo móvil hasta la interacción inalámbrica entre los dos dispositivos.

Dentro de la operatividad del dispositivo electrónico, se procedió a la verificación del estado de la batería para proceder a los siguientes estados de conexión y de comunicación.

Con respecto al dispositivo móvil se verificó si se encuentra encendido para proceder a abrir la aplicación móvil, donde se pudo visualizar la secuencia del funcionamiento mediante los diferentes estados desde la autenticación hasta la finalización de la misma.

Se tomó en cuenta que para proceder a los estados de monitoreo y consulta en tiempo real se tuvo que establecer la conexión de los sensores en los puertos del dispositivo electrónico y realizar la comunicación inalámbrica entre los dos dispositivos, seguidamente seleccionar el intervalo de tiempo para la recepción de datos.

2.2.7. Diseño paramétrico del sistema

Se realizó un análisis paramétrico para determinar el tiempo estimado de duración de la batería en un funcionamiento continuo como se observa en la Figura 11, donde se calculó la potencia de entrada y de salida del microcontrolador.

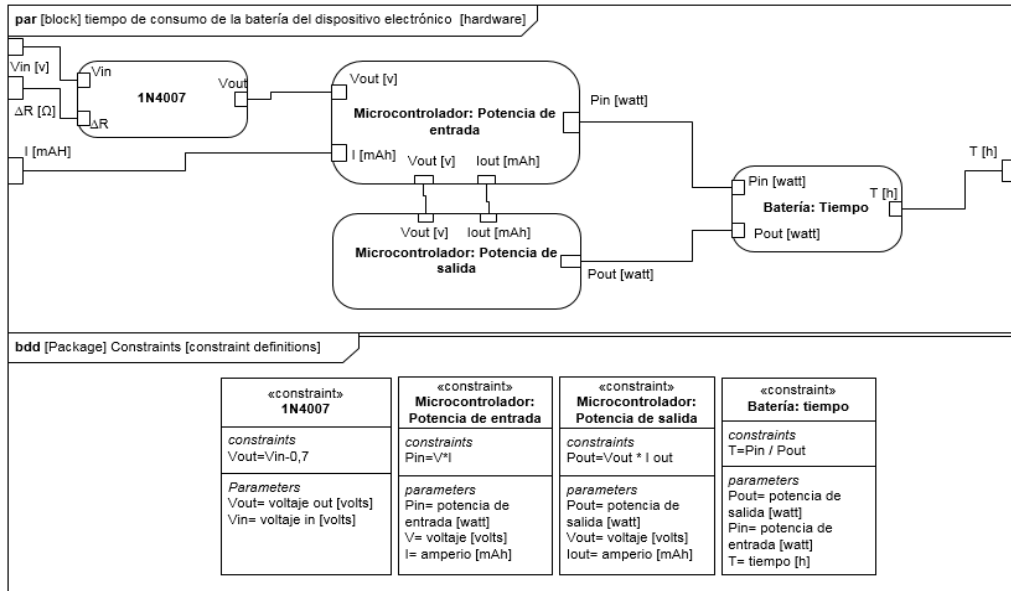


Figura 11. Diseño paramétrico del tiempo de duración de la batería del dispositivo electrónico

Por otro lado se realizó un diagrama paramétrico para el cálculo de duración de la batería del dispositivo móvil durante el uso de la aplicación móvil en el proceso de monitoreo como se observa en la Figura 12.

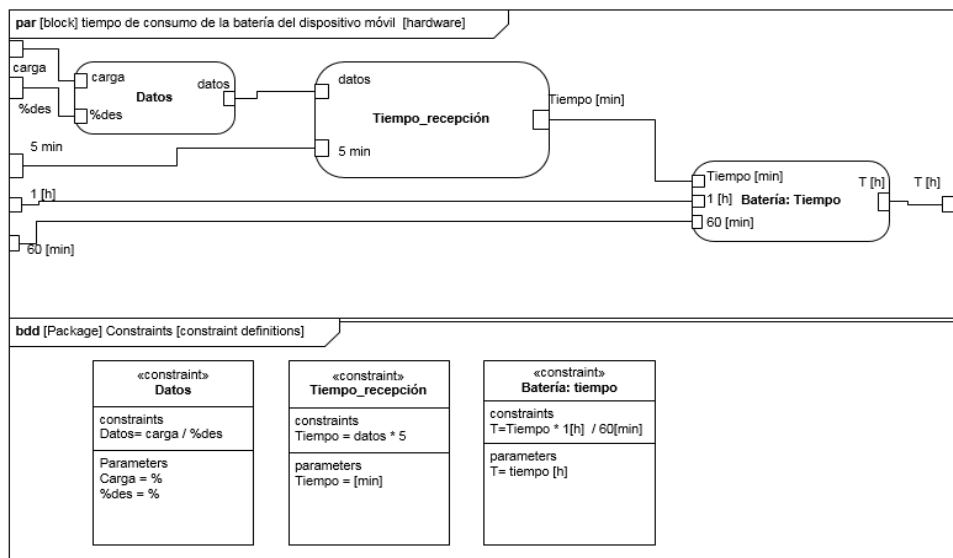


Figura 12. Diseño paramétrico del tiempo de duración de la batería del dispositivo móvil

2.3. DISEÑO ESPECÍFICO DEL SISTEMA

1.3.1. Subsistema de control

A continuación se presenta en la Figura 13 un diagrama de flujo del proceso de autenticación de la aplicación móvil donde se debía ingresar el usuario y la contraseña correctamente para pasar a la interfaz de monitoreo, donde se presentó un aviso para activar el bluetooth del dispositivo móvil si se encontraba desactivado.

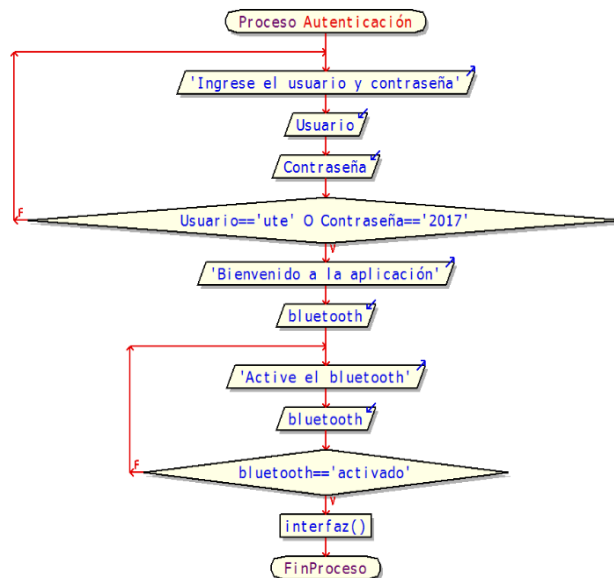


Figura 13. Diagrama de flujo de autenticación de la aplicación móvil

En la interfaz se tuvo las opciones de conectar, monitoreo, consulta y salir, donde se debe elegir una de las opciones que llevó consigo a un subproceso como se observa en el diagrama de flujo de la Figura 14.

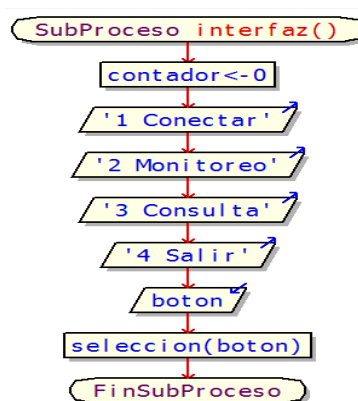


Figura 14. Diagrama de flujo de la interfaz de la aplicación móvil

Después de seleccionar la opción en la Figura 15 se presenta los diagramas de flujo de cada una de las opciones de la aplicación móvil con su respectivo proceso.

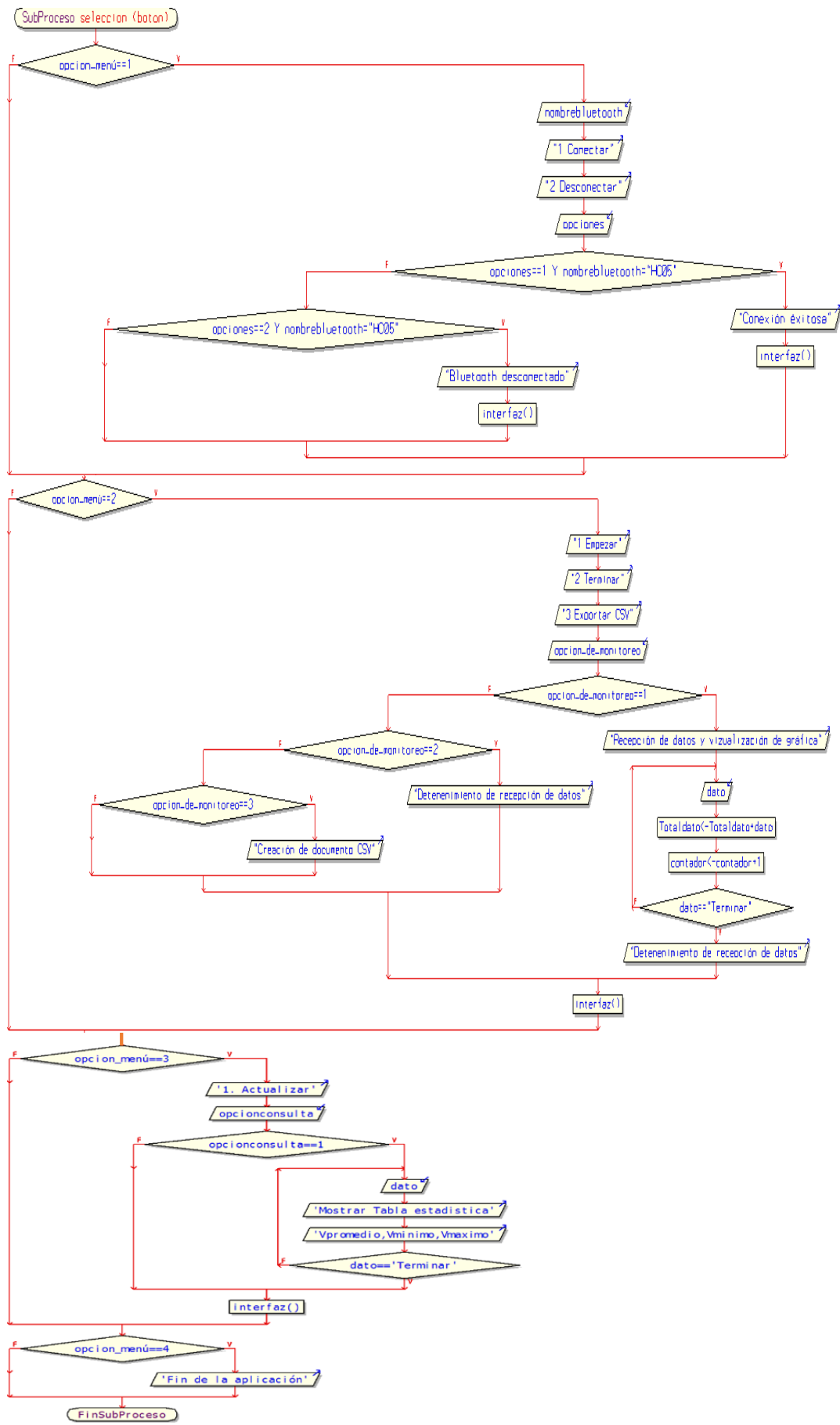


Figura 15. Subproceso de selección de la aplicación móvil

A continuación se presenta en la Figura 16 una interfaz de autenticación como requisito inicial al abrir la aplicación móvil.

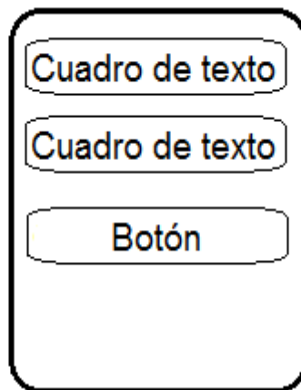


Figura 16. Diseño de navegación para autenticarse

Seguidamente al ingresar a la interfaz de monitoreo se presenta en la Figura 17 se tuvo opciones en las cuales dentro de cada una de ellas se contó con acciones que serán los mandos de control que sirven para la comunicación inalámbrica, detener o activar la recepción de los datos, la visualización de valores estadísticos y salir de la aplicación móvil.

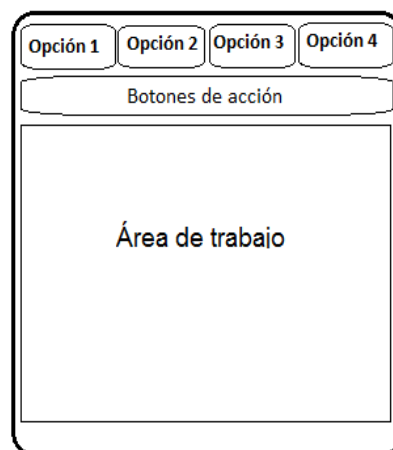


Figura 17. Diseño de navegación de la interfaz de monitoreo de la aplicación móvil

2.3.2. Subsistema electrónico

Con respecto a la conexión del dispositivo electrónico, se realizó el diseño y simulación del circuito electrónico en el software proteus 7 como se muestra en la Figura 18, donde se representa tanto la parte de alimentación hacia el microcontrolador como la conexión de los sensores, el bluetooth, el módulo de almacenamiento y los elementos pasivos que se utilizaron para una adecuación de todo el sistema electrónico.

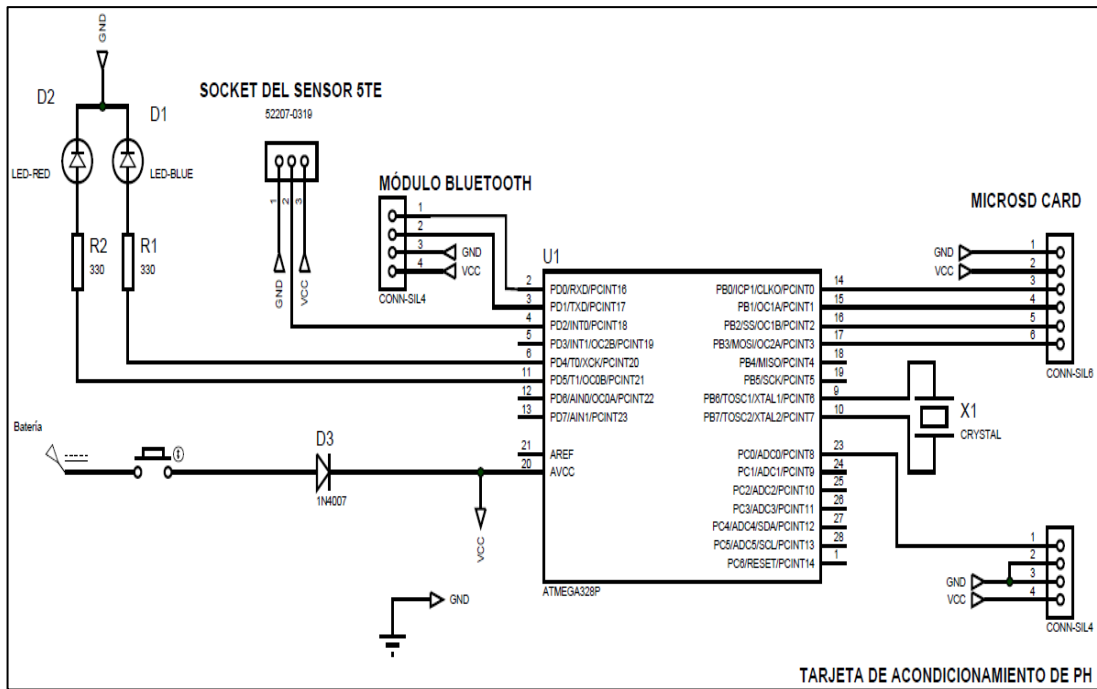


Figura 18. Diseño del subsistema electrónico del dispositivo electrónico

2.3.3. Subsistema mecánico

Modelado del dispositivo electrónico

Para el proceso del modelamiento del dispositivo electrónico se utilizó el software SolidWorks 2016 para el diseño tridimensional, que permitió realizar el análisis térmico y dinámico.

Para el modelado del dispositivo se tomó en cuenta la creación de los soportes de los componentes electrónicos y una protección que no permite la manipulación de personal no autorizado hacia el sistema electrónico, para los respectivos análisis se tomó en cuenta el material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno) como se puede observar en la Figura 19.

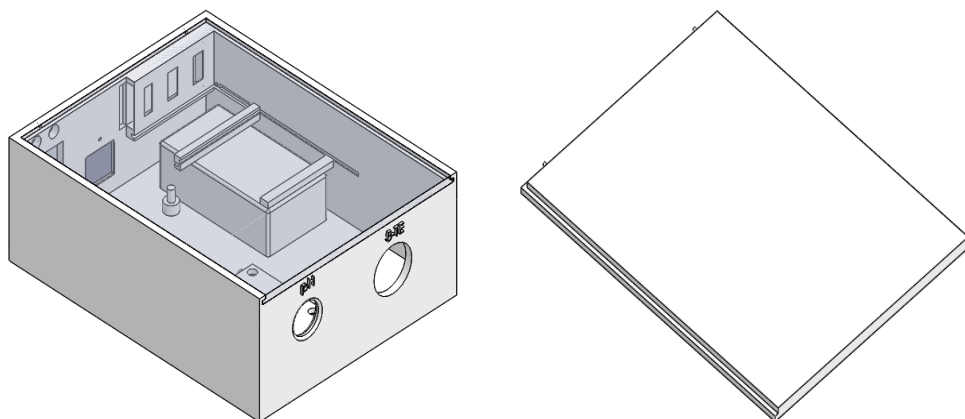


Figura 19. Modelamiento interno y tapa del dispositivo electrónico

Modelado de protecciones de los sensores pH y 5TE

Como complemento a la fase del subsistema mecánico se observa en la Figura 20 y Figura 21 el modelado de la protección del sensor de pH como la del 5-TE, como un complemento de su estructura física tanto para caídas como golpes.

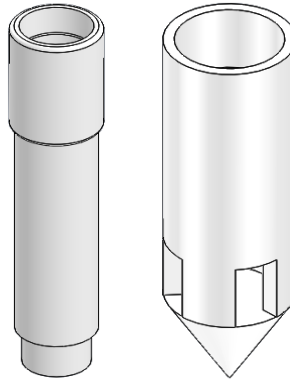


Figura 20. Modelado de la protección del sensor de pH

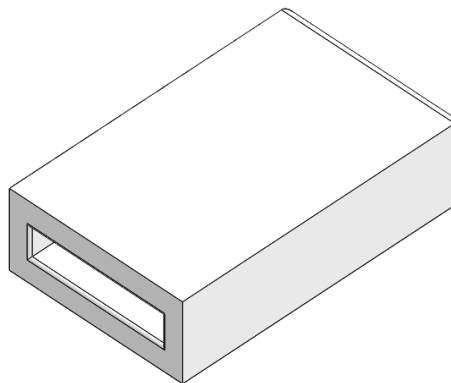


Figura 21. Modelado de la protección del sensor 5-TE

En los Anexos se podrá visualizar las dimensiones de todas las partes modeladas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. ANÁLISIS DEL DISPOSITIVO ELECTRÓNICO

Para el análisis de caída y térmico del modelado del dispositivo electrónico se lo realizó con el software CAD (SolidWorks) y el material ABS.

3.1.1. Análisis térmico

Dispositivo electrónico

Para el análisis térmico considerando la temperatura máxima de funcionamiento de uno de los componentes internos como lo es el módulo micro Sd (Ebay, 2018) que posee la menor temperatura de operación desde 0 hasta 60 °C, se toma en cuenta dos casos posibles:

En el primer caso se realizó cuando el dispositivo electrónico llega a la trabajar hasta una temperatura de 60 °C como se puede visualizar en la Figura 22.

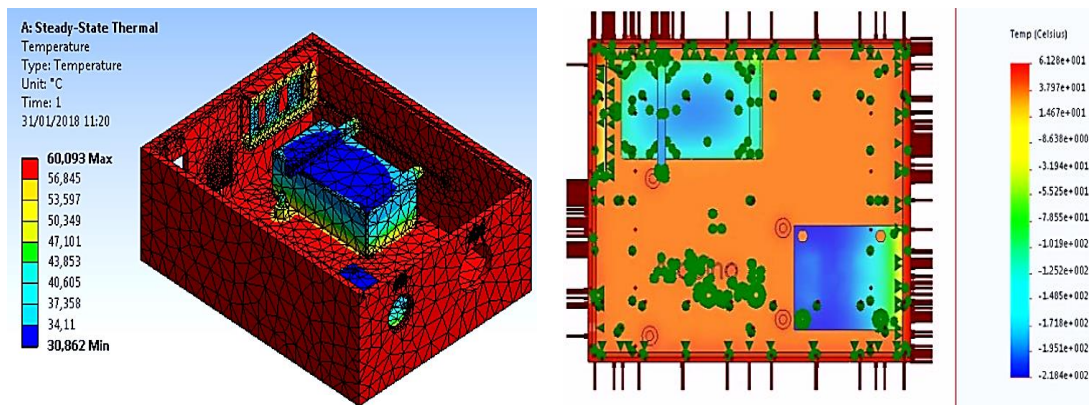


Figura 22. Análisis térmico del dispositivo caso externo - interno

Mientras tanto, el segundo caso se considera que la temperatura interna del dispositivo se eleve hasta los 60 °C, esto ocasionado por un daño del módulo de micro Sd o de otro componente electrónico, en la Figura 23 se presenta la afectación tanto interna como externa del dispositivo electrónico.

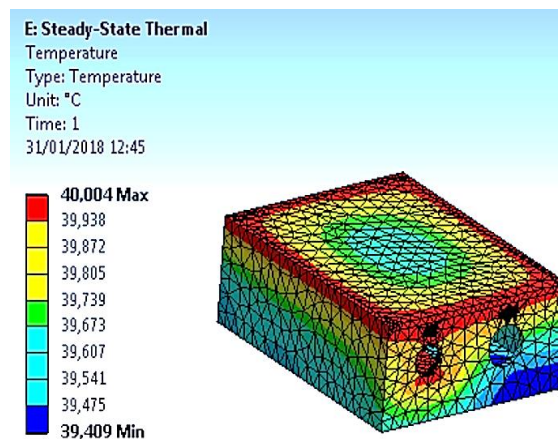


Figura 23. Análisis térmico del dispositivo caso interno – externo

Después de los resultados obtenidos se observó que en exposición a la temperatura de trabajo del dispositivo electrónico empieza a tener una afectación a partir de los 30 °C.

Mientras que en el caso de variación de la temperatura interna la afectación empieza a los 39 °C.

Sensores

En relación a las protecciones de los sensores, se analizó la variación de la temperatura de trabajo hasta llegar a los 60 °C; para esto se ha tomado como referencia la temperatura de operación del sensor de pH que va desde 0 hasta 60 °C (dfrobot, 2017). En la Figura 24, se visualiza la afectación en las protecciones de los sensores.

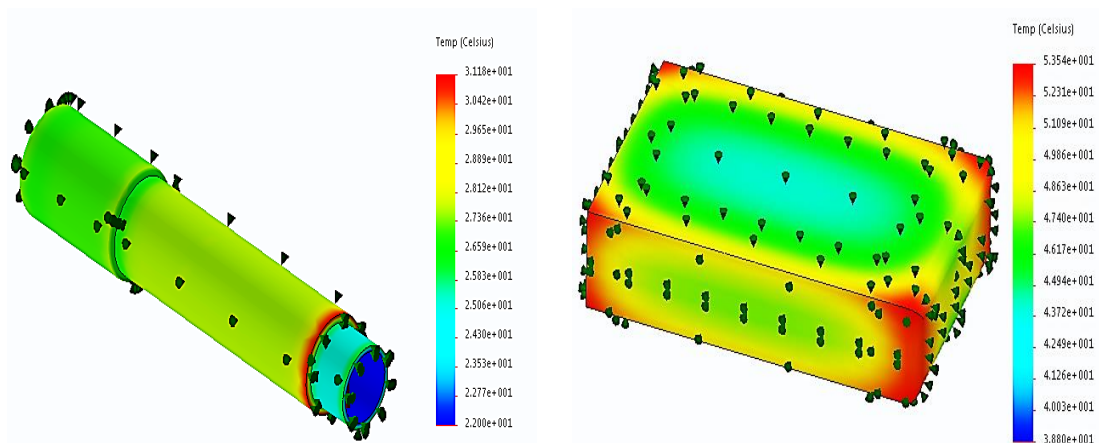


Figura 24. Análisis térmico de las protecciones del pH y 5 TE

En la protección del sensor de pH se observa que el grado de afectación máxima es a partir de los 31 °C, en cambio para la protección del sensor 5 TE su afectación empieza a partir de los 53 °C aproximadamente.

3.1.2. Análisis de caída

Dispositivo electrónico

Para elaborar el análisis de caída se estableció una altura entre 1 y 2 metros, donde se consideró la altura de las mesas de trabajo de los laboratorios de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL. En la Figura 25, se observa la deformación que puede presentar el dispositivo electrónico.

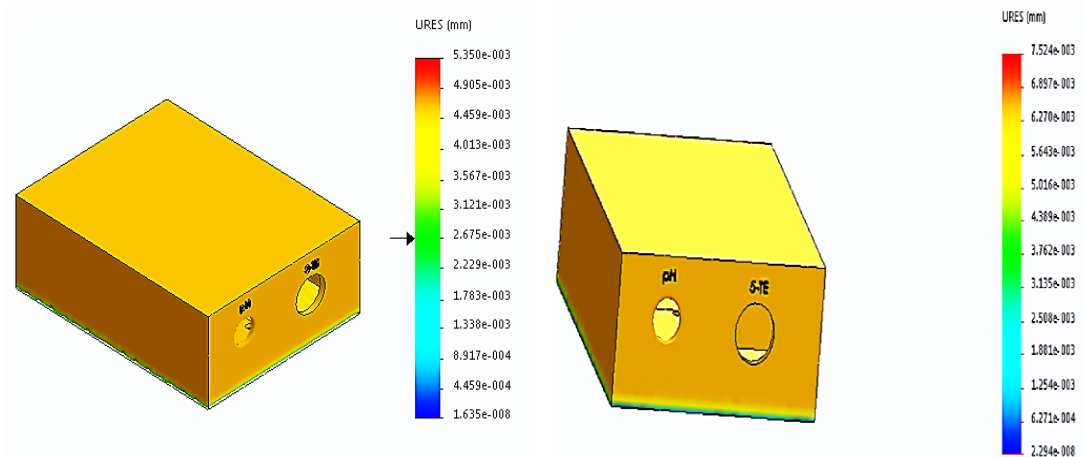


Figura 25. Análisis de caída de 1 y 2 metros

La deformación máxima a la altura de 1 m es de 0,00535 mm y a la altura de 2 m de 0,00752 mm, por consiguiente el dispositivo cuenta con una alta plasticidad y brinda protección a los diferentes componentes electrónicos internos.

Sensores

Para los sensores, se analizó a una altura de 1 metro tanto para la protección del sensor de pH como la del 5 TE cómo se observar en la Figura 26.

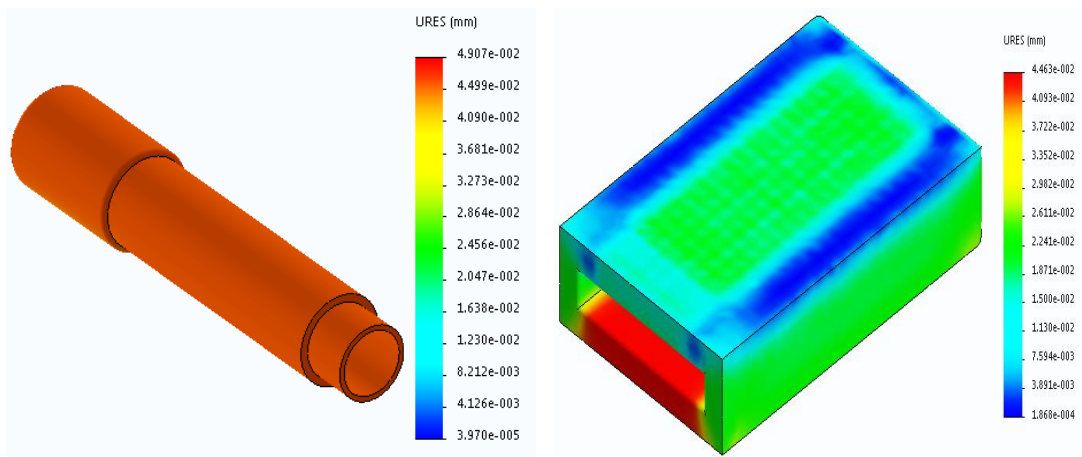


Figura 26. Análisis de caída de las protecciones de pH y 5 TE

A pesar de la altura tomada como referencia se puede observar que no presenta ninguna afectación en las protecciones de los sensores, teniendo una deformación de 0,04907 mm para el sensor de pH y 0,04463 mm para el sensor del 5 TE.

3.2. PRODUCTO FINAL

Realizado el modelado y el análisis respectivo se procedió a la impresión en 3 D del dispositivo electrónico para su posterior ensamblaje con los componentes que forman parte el subsistema electrónico. El producto final se observa en la Figura 27.



Figura 27. Producto final del dispositivo electrónico

De igual manera se desarrolló la aplicación móvil para lograr la comunicación inalámbrica entre el dispositivo móvil con el dispositivo electrónico mediante el módulo bluetooth como se puede observar en la Figura 28.



Figura 28. Producto final del sistema de medición y monitoreo

En los anexos se indica el manual de uso para el correcto funcionamiento del sistema de medición y monitoreo.

3.3. CALIBRACIÓN DE LOS SENSORES

a. Sensor pH SEN0161

Se utilizó un sensor analógico SEN0161 de pH para medidas de acidez, neutras y básicas en disolución en un rango de 0 a 14, en las especificaciones técnicas se tiene que la alimentación de voltaje no debe superar los 5 V, tiene una precisión de ± 0.1 pH y el tiempo de estabilidad es ≤ 1 minuto (dfrobot, 2017).

El procedimiento de calibración se realizó con soluciones de buffer de pH 4, 7 y 10, estableciendo el valor máximo y mínimo aceptable para las medidas.

Para determinar el valor mínimo se utilizó el buffer de pH 4 y para el valor máximo el buffer de pH 10, luego se recepto las medidas emitidas por el sensor en milivoltios, donde se definió el valor máximo y mínimo una vez que las medidas se estabilizaron.

Como prueba de la calibración se utilizó el buffer de pH 7 para comprobar si las medidas se encuentran en el rango (0-14) que fue establecido después de la calibración.

Para la veracidad y el margen de error de los resultados se comparó con el dispositivo HI 98107 de la marca HANNA donde su calibración se realizó de forma manual, su precisión es de ± 0.1 pH a la muestra de calibración.

Considerando el dispositivo comercial ya existente en el mercado y el sensor SEN0161 utilizado en el proyecto se procede a la calibración como se observa en la Figura 29 la diferencia de resultados se observa en la Tabla 11.



Figura 29. Calibración del sensor de pH SEN0161

Para el cálculo del error porcentual se procedió a la utilización de la ecuación 1 (Edwin, 2010), como se observa a continuación:

$$\%error = \frac{|\text{valor exacto} - \text{valor aproximado}|}{\text{valor exacto}} \times 100\% \quad [1]$$

Tabla 11. Resultados de calibración del sensor de pH SEN0161

Cantidad	pH 4		pH 7		pH 10	
	SEN0161	HI 98107	SEN0161	HI 98107	SEN0161	HI 98107
1	4,0	4,1	7,16	7,1	9,86	10,1
2	4,0	4,1	7,16	7,1	9,86	10,1
3	4,0	4,1	7,16	7,1	9,86	10,1
4	4,0	4,1	7,13	7,1	9,86	10,1
5	4,0	4,1	7,13	7,1	9,86	10,1
6	4,0	4,1	7,13	7,1	9,86	10,1
7	4,0	4,1	7,13	7,1	9,89	10,1
8	3,98	4,1	7,13	7,1	9,89	10,1
9	3,98	4,1	7,1	7,1	9,89	10,1
10	3,97	4,1	7,1	7,1	9,89	10,1
11	3,97	4,1	7,1	7,1	9,89	10,1
12	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
13	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
14	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
15	3,88	4,1	7,1	7,1	9,89	10,1
16	3,88	4,1	7,1	7,1	9,89	10,1
17	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
18	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
19	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
20	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
21	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
22	3,88	4,1	7,07	7,1	9,89	10,1
Promedio	3,94	4,1	7,10	7,1	9,88	10,1

Por consiguiente en la Tabla 12 se visualiza el error en base al buffer de muestra y al sensor comercial HI 98107:

Tabla 12. Errores porcentuales de la calibración del sensor pH

	Error porcentual de estabilidad en base a los buffer	Error porcentual promedio en base a los buffer.
pH 4	3 %	1,5 %
pH 7	1 %	1,4 %
pH 10	1,1 %	1,2 %
	Error porcentual de estabilidad en base al sensor HI 98107	Error porcentual promedio en base al sensor HI 98107
pH 4	5,36 %	3,9 %
pH 7	0,42 %	0 %
pH 10	2 %	2,17 %

Acorde a los errores porcentuales presentados y a la especificación técnica del sensor SEN0161 se concluyó que la precisión está dentro del rango establecido, se puede mencionar que se realizó la calibración por medio de codificación no obstante el sensor comercial se calibró de una forma manual.

Calibración del sensor 5 TE

Como referencia al documento técnico entregado por parte del proveedor del sensor 5 TE, se presenta la calibración que viene realizada desde la casa comercial, a continuación se presentará el método que utilizaron para su calibración.

- **Permitividad dieléctrica**

Cada sensor 5 TE fue calibrado para medir la permitividad dieléctrica (ϵ_a) con una precisión en el rango de 1 a 80 % en agua.

Los valores sin procesar por el 5 TE en una comunicación en serie estándar TTL tiene unidades de $\epsilon_a * 50$. Mientras se usa en el modo de comunicación SDI12 los valores sin procesar tienen unidades de $\epsilon_a * 100$.

- **Calibración en suelos minerales**

Numerosos investigadores han estudiado la relación entre la permitividad dieléctrica y el contenido volumétrico de agua (VWC) en el suelo. Como resultado el suelo está llena de varias ecuaciones de transferencia usadas para predecir VWC a partir de la permitividad dieléctrica medida.

Arduino cuenta con la librería de la calibración del suelo mineral, los valores de la permitividad dieléctrica sin procesar se convierten a VWC como se especifica en la ecuación 2 de Topp (Topp, 1980):

$$\text{VWC} = 4.3 * 10^{-6} \epsilon_a^3 - 5.5 * 10^{-4} \epsilon_a^2 + 2.92 * 10^{-2} \epsilon_a - 5.3 * 10^{-2} \quad [2]$$

Las pruebas que fueron desarrolladas han demostrado que un sensor 5TE instalado correctamente en un suelo mineral normal con una conductividad eléctrica de saturación de extracción <10 dS/m, la ecuación de Topp dará como resultado mediciones dentro de ± 3 % VWC del suelo real. (Topp, 1980)

- **Rangos de medición del sensor 5 TE.**

Después de las consideraciones anteriores de calibración se tomó en cuenta el rango de temperatura de operación que va de -40 a 60 °C, la energía requerida de 3,6 a 15 Voltios, trabaja a una frecuencia de 70 MHz y con dos tipos de comunicación RS232 (TTL) o SDI-12. En este el proyectos se trabajó con la comunicación SDI-12 y la precisión e alcance del sensor se puede visualizar en Tabla 13. (Decagon Devices, INC., 2016)

Tabla 13. Alcance y precisión del sensor 5 TE

	Alcance	Precisión
Humedad	1 - 80 %	± 3 a (1 - 80)%
Conductividad Eléctrica	0 -23 dS/m	$\pm 10\%$ 0-7 dS/m
Temperatura	-40 – 50 °C	± 1 °C

(Decagon Devices, INC., 2016)

3.4. PRUEBA DE COMUNICACIÓN Y MONITOREO DE LA APLICACIÓN MÓVIL

- **Instalación**

La aplicación móvil fue diseñada para versiones superiores a 4.2 de dispositivos móviles con un sistema operativo Android, como primer procedimiento a generar el apk desde el app inventor 2, seguidamente se activa la opción de permiso de instalación de aplicaciones de fuentes que no sean de Play Store como se observa en la Figura 30.

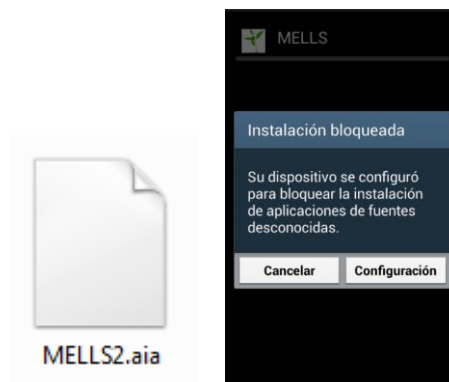


Figura 30. Instalación de aplicación móvil

El tiempo de instalación fue de 30 segundos debido a su tamaño que no supera los 2,74 MB.

- **Comunicación inalámbrica**

Después de la autenticación en la aplicación móvil se controló que el bluetooth del dispositivo móvil se encuentre activo, caso contrario como se presenta en la Figura 31 se envió una notificación de aviso.

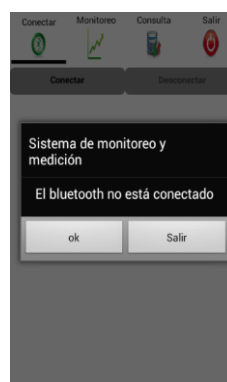


Figura 31. Notificación de activación del bluetooth

Realizada la activación del bluetooth se procedió a la comunicación con el bluetooth HC - 05 del dispositivo electrónico como se visualiza en la Figura 32.

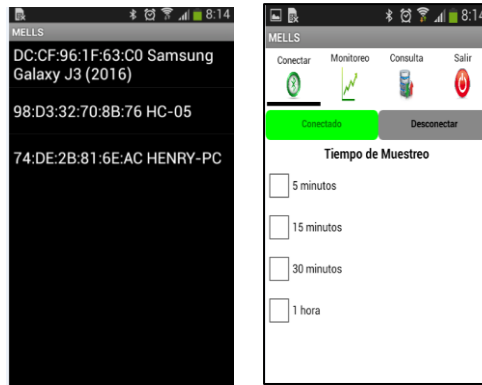


Figura 32. Comunicación inalámbrica con el HC - 05

Se tuvo presente que el dispositivo electrónico se encuentre encendido para establecer la comunicación inalámbrica caso contrario no se procedía a la comunicación ni al proceso de monitoreo.

- **Recepción y visualización de datos en el dispositivo móvil**

Establecida la comunicación inalámbrica entre los dos dispositivos se procedió a la selección del intervalo de recepción de datos en el tiempo definido por el usuario.

Seguidamente se realizó el proceso de monitoreo a través de la representación gráfica, así como también se verificó los resultados de los valores estadísticos de cada parámetro físico - químicos como se puede visualizar en la Figura 33.

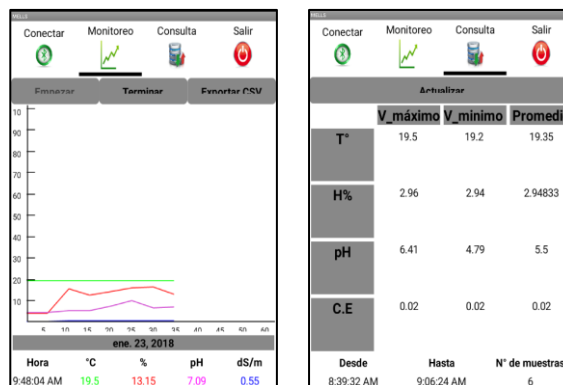


Figura 33. Monitoreo y consulta estadística de la aplicación móvil

Los resultados obtenidos tanto en la visualización de las gráficas como de la tabla estadística de los parámetros físicos-químicos establecidos en los requerimientos cumplen con satisfacción.

Cabe mencionar que si en el dispositivo electrónico no se encuentran conectados los sensores en sus respectivos puertos, se visualizará una notificación de error y se procederá a cerrar de manera obligatoria la aplicación como se observa en la Figura 34.

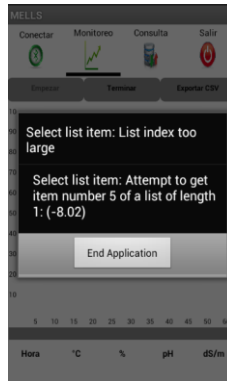


Figura 34. Notificación de cierre obligatorio de la aplicación móvil

- **Tiempo de transmisión de datos**

Dentro de las especificaciones técnicas del bluetooth HC-05 se menciona que trabaja a una frecuencia de 2,4 GHz con una velocidad asincrónica de 2,1 Mbps y sincrónica de 1 Mbps. (Electrónicos CALDAS, 2018)

En el sistema de medición y monitoreo se desarrolló con una velocidad sincrónica donde ambos extremos del sistema tanto el dispositivo electrónico y el dispositivo móvil realizan intercambio de valores sincronizados, la aplicación móvil envía la señal por medio del bluetooth del dispositivo móvil hacia el dispositivo electrónico que receiptó la señal y envió de vuelta los datos receiptados por los sensores.

3.5. DESARROLLO DE PRUEBAS

Se realizó las pruebas para determinar la similitud de los datos proporcionados por el sistema de medición y monitoreo con los dispositivos comerciales que dispone los laboratorios de Ingeniería Ambiental y Manejo de Riesgos Naturales de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL.

Se estableció realizar 3 muestras experimentales como se observa los resultados desde la Tabla 14 hasta la Tabla 17, donde se utilizó diferentes líquidos: ácidos, neutros y básicos.

De acuerdo a los ensayos experimentales según (Domingo Alberto, 2015) se recomienda cuatro mediciones de una muestra por 1 kg de suelo, por lo tanto se decidió tomar cuatro mediciones de los parámetros físico - químicos cada 5 minutos donde se utiliza los siguientes dispositivos comerciales:

- Un medidor de conductividad digital HQ14D donde las especificaciones técnicas señaló una exactitud de conductividad de $\pm 0.5 \%$ dentro del rango de medición de $1 \mu\text{S}/\text{cm}$ a $200 \text{ mS}/\text{cm}$, como también una exactitud en la temperatura de $\pm 0.3 \text{ }^\circ\text{C}$ en un rango de medición de -10 a $110 \text{ }^\circ\text{C}$. (HACH, 2017)

- Los dispositivos de pH se utilizaron de marca Hanna HI 98107, de acuerdo a sus especificaciones técnicas se tiene una precisión ± 0.5 en un rango de 0 a 14 pH (HANNA instruments, 2018). De igual manera se utilizó el papel tornasol para el indicativo de pH con un margen de error de 1 unidad.
- Un termómetro HIBOK 117 para la temperatura, en las especificaciones técnicas se tiene un precisión de ± 1 °C en un rango de medición de -50 a 300 °C (DAGATRON, 2018).

Para el análisis de la variación de las medidas proporcionadas por el sistema de medición y monitoreo se realizó un análisis basado en métodos estadísticos donde se determinó mediante la ecuación 1 los errores porcentuales de estabilidad y promedio de todos los datos medidos en la muestra.

De la misma forma se determinó la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada muestra con la ecuación 3 y 4 (Edwin, 2010) respectivamente.

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad [3]$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} * 100\% \quad [4]$$

De donde:

S = desviación estándar

x_i = valor de la muestra

\bar{x} = media aritmética de la muestra

n = tamaño de la muestra

CV = Coeficiente de variación

El dispositivo HQ140 y Hanna HI 98107 no son dispositivos de medición directa al suelo en comparación del sensor 5 TE. Por tal razón las pruebas se enfocaron en determinar la confiabilidad y la similitud de datos entre el dispositivo electrónico construido con respecto a los dispositivos comerciales.

Para la comprobación del parámetro de humedad se realizó con el método volumétrico como referencia de contraparte para el sensor 5 TE.

A continuación se presenta el análisis e interpretación de las muestras experimentales realizadas en un análisis global de las tres muestras de suelo donde se insertó 0 ml de líquido como se observa en la Figura 35.



Figura 35. Muestra con 0 ml de líquido

En seguida en la Figura 36 presenta la primera muestra de suelo de 596,21 g donde contuvo 240 ml de líquido neutro.

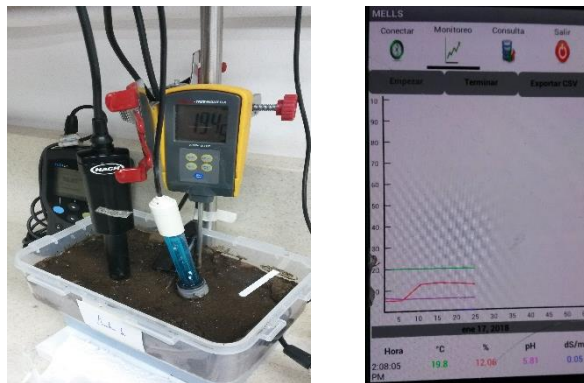


Figura 36. Muestra 1 con 240 ml de líquido neutro

La segunda muestra de suelo de 719,94 g contenía 80 ml de líquido ácido con un pH inicial de 3,4 en como se observa en la Figura 37.

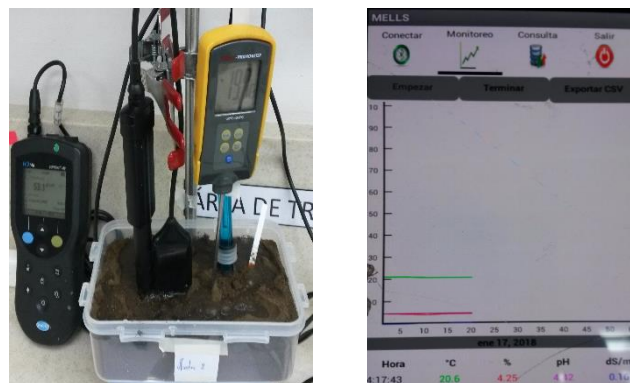


Figura 37. Muestra 2 con 80 ml de líquido ácido

Para finalizar en la tercera muestra de suelo de 692,83 g contenía 160 ml de líquido básico con un pH inicial de 12,05 como se presenta en la Figura 38.

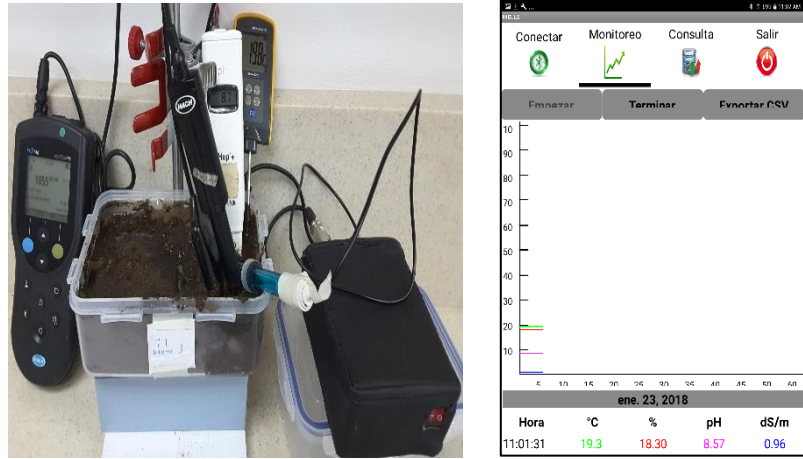


Figura 38. Muestra 3 con 160 ml de líquido básico

Tabla 14. Muestra 1, 2 y 3 con 0 ml de líquido

Muestra global			
Cantidad de muestra de suelo	586,21 g		
Total de líquido insertado sobre el suelo	0 ml		
<p>The figure contains four line graphs showing the variation of different parameters over a 20-minute period for three different sensors: Volumetric, Hanna, and Fix. Each graph includes error bars for standard error (STE).</p> <ul style="list-style-type: none"> Variación de temperatura: The temperature starts at approximately 19.2°C and rises to about 20.2°C by 20 minutes. The Volumetric sensor (orange) shows the highest temperature, while the Hanna (red) and Fix (green) sensors show lower, more stable temperatures. Variación de humedad: The humidity remains relatively constant around 5.2-5.4% throughout the 20-minute period. The Volumetric sensor (orange) shows a slight increase from 5.2 to 5.4, while the Hanna (red) and Fix (green) sensors remain around 5.2. Variación de pH: The pH starts at approximately 6.5 and increases to about 6.8 by 20 minutes. The Hanna sensor (red) shows the highest pH, while the Volumetric (orange) and Fix (green) sensors show lower, more stable pH values. Variación de Conductividad: The conductivity remains very low, near 0 ds/m, throughout the 20-minute period. All three sensors (Volumetric, Hanna, and Fix) show similar, stable results. 			
Temperatura			
%e.e	%e.p	S	CV
error error	error promedio	Desv. estándar	Coef. Variación
HQ140	4,1	0,49	2,51
HiboK	5,2	0,54	2,78
Humedad			
%e.e	%e.p	S	CV
volumétrico	55,6	1,49	40,6
pH			
%e.e	%e.p	S	CV
Hanna	2,3	0,11	1,6
Fix	6,2	0,23	3,4
Conductividad eléctrica			
%e.e	%e.p	S	CV
HQ140	0	0	0
<p>Análisis: La temperatura, conductividad eléctrica y pH tienen el menor error porcentual debido a que el suelo se encuentra seco y no tiene humedad ni sales.</p>			
Interpretación:			
<p>El sensor 5 TE en comparación al HQ140 y al termómetro HiboK el error porcentual promedio es de 4,1 y 5,2, mientras tiene una desviación estándar de 0,49 y 0,54 respectivamente. Con el método volumétrico su error porcentual promedio es de 55,6 y su desviación de 1,73.</p> <p>El sensor 0161 al comparar con el sensor Hanna y el papel fix (tornasol) el error porcentual de estabilidad es de 0,6 y 6,2 con una desviación de 0,11 y 0,23 respectivamente.</p> <p>Finalmente el sensor 5 TE a comparar con el HQ140 en conductividad eléctrica se observa un error porcentual promedio es del 0% y una desviación de 0 debido a que esté suelo no cuenta con suficientes sales.</p>			

Tabla 15. Muestra 1 con 240 ml de líquido neutro

Cantidad de muestra del suelo		Muestra 1 con líquido neutro	
586,21 g		240 ml	
Total de líquido neutro sobre el suelo		240 ml	
Temperatura			
%e.e error estabilidad	%e.p error promedio	S Desv. estándar	CV Coef. Variación
3	3	0,33	1,67
2	2	0,24	1,2
Humedad			
%e.e	%e.p	S	CV
2	8	1,39	6,04
pH			
%e.e	%e.p	S	CV
30	30	0,70	13,84
4	4	0,14	2,43
Conductividad eléctrica			
%e.e	%e.p	S	CV
9	11	0,05	14,80
<p>Análisis: La temperatura y pH en tornasol tienen el menor error porcentual debido a que los dispositivos no son directos al suelo y presentan valores casi cercados al 5 TE.</p>			
<p>Interpretación: El sensor 5 TE en comparación al HQ140 y al termómetro HiboK el error porcentual promedio es de 3 y 2, mientras tiene una desviación estándar de 0,33 y 0,24 respectivamente. Con el método volumétrico su error porcentual promedio es de 8 y su desviación de 1,39. El sensor 0161 al comparar con el sensor Hanna y el papel fix (tornasol) el error porcentual de estabilidad es de 30 y 4 con una desviación de 0,70 y 0,14 respectivamente. Finalmente el sensor 5 TE a comparar con el HQ140 en conductividad eléctrica se observa un error porcentual promedio es del 11% y una desviación de 0,05. En los anexos se podrá visualizar más tablas de resultados con 80 y 160 ml de líquido neutro.</p>			

Tabla 16. Muestra 2 con 80 ml de líquido ácido

Muestra 2 con líquido ácido			
Cantidad de muestra de suelo	719,94 g		
Total de líquido ácido ingresado en el suelo	80 ml		
Temperatura			
%e.e	%e.p	S	CV
Error de estabilidad	Error promedio	Desv. estándar	Coef. de desviación
HQ140	5	6	2,9
Hibok	3	3	1,82
Humedad			
%e.e	%e.p	S	CV
volumétrico	3	14	0,8
pH			
%e.e	%e.p	S	CV
Hanna	52	36	0,77
Fix	3	3	0,06
Conductividad eléctrica			
%e.e	%e.p	S	CV
HQ140	8	0	3
<p>Análisis: La temperatura, pH con tornasol y la humedad tienen el menor error porcentual debido a que al suelo se le suministró líquido ácido la cual cuenta con sales.</p>			
<p>Interpretación: El sensor 5 TE en comparación al HQ140 y al termómetro Hibok el error porcentual promedio es de 3 y 2, mientras que el sensor 8 y su desviación de 1,39. El sensor 0161 al compararlo con el sensor Hanna y el papel fix (tornasol) el error porcentual de estabilidad es de 30 y 4 con una desviación de 0,70 y 0,14 respectivamente. Finalmente el sensor 5 TE a compararlo con el HQ140 en conductividad eléctrica se observa un error porcentual promedio es del 11% y una desviación de 0,05. En los anexos se podrá visualizar más tablas de resultados con 160 y 240 ml de líquido ácido.</p>			

Tabla 17. Muestra 3 con 160 ml de líquido básico

Muestra 3 con líquido básico			
Cantidad de muestra de suelo	692,83 g		
Total de líquido básico suministrado en el suelo	160 ml		
Temperatura			
%e.e	%e.p	S	CV
Error de estabilidad	Error promedio	Desv. estándar	Coef. de desviación
HQ140	1	0	0,17
HiboK	1	2	1,29
Humedad			
%e.e	%e.p	S	CV
volumétrico	3	6	1,07
pH			
%e.e	%e.p	S	CV
Hanna	1	5	0,54
Fix	2	1	0,20
Conductividad eléctrica			
%e.e	%e.p	S	CV
HQ140	12	10	0,35
<p>Análisis: Con el líquido básico los resultados fueron casi similares y también se encuentran dentro del rango de precisión de cada uno de los dispositivos utilizados. Esto se debe a que el líquido básico tiene más sales.</p>			
<p>Interpretación: El sensor 5 TE en comparación al HQ140 y al termómetro HiboK el error porcentual promedio es de 0 y 2, mientras tiene una desviación estándar de 0,17 y 0,25 respectivamente. Con el método volumétrico su error porcentual promedio es de 6 y su desviación de 1,07. El sensor 0161 al comparar con el sensor Hanna y el papel fix (tomasol) el error porcentual de estabilidad es de 1 y 2 con una desviación de 0,54 y 0,20 respectivamente. Finalmente el sensor 5 TE a comparar con el HQ140 en conductividad eléctrica se observa un error porcentual promedio es del 10% y una desviación de 0,35. En los anexos se podrá visualizar más tablas de resultados con 80 y 240 ml de líquido básico.</p>			

3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS MUESTRAS

Respecto de la Tabla 14 donde el mayor error porcentual de 54,73 % se presentó en el parámetro de humedad debido a que el suelo no se encontraba lo suficiente húmedo ni con presencia de líquido, lo que dificultó la similitud de los datos del sensor 5 TE con respecto a la medición indirecta con el método volumétrico donde el suelo es forzado a secarse dentro de un horno en un tiempo definido.

Con respecto a la conductividad eléctrica se observó que se tiene un 0 % de error debido a que en el suelo no contiene sales.

Por lo tanto en la muestra 2 con un líquido ácido se puede observar que el mayor porcentaje de error se encuentra en parámetro de pH con el dispositivo Hanna HI 98107 debido que en sus características físicas menciona que el dispositivo no es de medición directa al suelo y las consecuencias que se presentan es el daño del cristal o bulbo que tiene en su parte superior que sirve como un aislante de perturbaciones de bacterias presentes en las soluciones y sus resistividad eléctrica disminuye.

En cambio el sensor SEN0161 en las características físicas tampoco es un dispositivo de medición directa al suelo, pero se realizó la parte experimental donde los resultados tanto del papel tornasol y el sensor son casi similares lo que se mencionaría que este sensor es confiable, la consecuencia es el tiempo de vida debido al deterioro del bulbo.

Mientras tanto en la muestra 3 los resultados calculados tanto de los dispositivos comerciales como del dispositivo construido fueron casi similares en todos los parámetros físico-químicos medidos, esto se debe a la presencia masiva de sales cuando se utilizó el líquido básico.

Finalmente para concluir durante el periodo de pruebas se evidenció que es posible realizar mediciones directas con los dispositivos HQ140 y el Hanna HI 98107 debido a la comparación con el sensor 5 TE que es un dispositivo de medición directa y el sensor SEN0161 indirecto, los resultados fueron similares, la consecuencia principal sería la reducción del tiempo de vida útil de los dispositivos que no son de medición directa al suelo.

3.7. CONSUMO DE BATERÍAS

Consumo de la batería del dispositivo móvil

Se realizó una evaluación del porcentaje de consumo de la batería del dispositivo móvil durante 30 minutos, con toma de datos cada 5 minutos, esta prueba se desarrolló durante el monitoreo con el dispositivo electrónico, como resultado se obtuvo los datos que se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Porcentaje de consumo de batería por la aplicación móvil

Tiempo (minutos)	Porcentaje (%)
0	100
5	99
10	97
15	95
20	93
25	91
30	89

De los datos obtenidos se estimó un consumo del 2% de la batería, donde se realizó el cálculo del tiempo estimado de descarga de la batería del dispositivo móvil.

En la ecuación 5 se calculó el total de datos adquiridos en el intervalo de tiempo de 5 minutos, cuando la batería está cargada previo a su descarga:

$$\text{Datos} = \frac{\text{Carga total} [\%]}{\text{Porcentaje de descarga} [\%]} \quad [5]$$

$$\text{Datos} = \frac{100}{2}$$

$$\text{Datos} = 50$$

A continuación se determinó con la ecuación 6 cuántos minutos adquiere el dispositivo móvil los 50 datos:

$$\text{Tiempo de recepción de datos} = \text{datos} * 5 [\text{minutos}] \quad [6]$$

$$\text{Tiempo de recepción de datos} = 250 [\text{minutos}]$$

Con la ecuación 7 se calculó el tiempo de descarga de la batería en horas:

$$\text{Tiempo de descarga} = \frac{1 [\text{hora}] * \text{Tiempo de recepción de datos}}{60 [\text{minutos}]} \quad [7]$$

$$\text{Tiempo de descarga} = \frac{1 [\text{hora}] * 250 [\text{minutos}]}{60 [\text{minutos}]}$$

$$\text{Tiempo de descarga} = 4,16 [\text{h}]$$

Se obtuvo que el tiempo estimado de duración de la batería durante el monitoreo es de 4 horas con 16 minutos del dispositivo marca Samsung mini III con la versión 4.2 y una batería de 1500 [mAh]. Este tiempo estimado varía dependiendo de la capacidad de almacenamiento de energía de la batería de los dispositivos móviles.

Cálculo del consumo de corriente del dispositivo electrónico

Mediante los respectivos valores técnicos establecidos en el datasheet de cada uno de los componentes electrónicos se realizó una evaluación del tiempo estimado de la duración de la batería Tenergy de 9 [V] de 250 [mAh] que alimenta al dispositivo electrónico. En la Tabla 19 se podrá visualizar el consumo de cada uno de los componentes.

Tabla 19. Consumo de corriente de los componentes electrónicos

Componente	Corriente (mA)	Potencia (dBm)	Voltaje de trabajo [V]	Potencia (mW)	Fuente
Arduino	46	23,61	5	230	(Prometec, 2018)
Bluetooth HC-05	0,69	4	3,6	2,51	(Electrónicos CALDAS, 2018)
Módulo de micro Sd	80	26	3,3	264	(Ebay, 2018)
Sensor pH	20	20	5	100	(dfrobot, 2017)
Sensor 5TE	10	16,98	5	50	(Decagon Devices, INC., 2016)
Leds	10	16,02	4	40	(Fullwat, 2011)

Primero se calculó la potencia de entrada con la ecuación 8.

$$P_{input} = \text{Voltaje de entrada} * \text{Corriente de ingreso} \quad [8]$$

$$P_{input} = 9[V] * 0,25[Ah]$$

$$P_{input} = 2,25 [Wh]$$

$$P_{input} = 135 [Wmin]$$

Seguido se realizó la suma del abastecimiento de potencia del sistema de medición (Tabla 20), durante el reposo, recepción y transmisión de datos.

Tabla 20. Abastecimiento de potencia del sistema de medición

Componente	Consumo en reposo [mW]	Consumo en recepción [mW]	Consumo en transmisión [mW]
Arduino	230	230	230
Bluetooth HC-05	0,612	0,612	2,510
Módulo de micro Sd	0	0	264
Sensor pH	100	100	0
Sensor 5TE	0	50	0
Leds	40	40	40
Suma	370,612	420,612	536,51

En la Figura 39 se presenta el consumo de potencia del dispositivo electrónico durante el intervalo de 5 minutos.

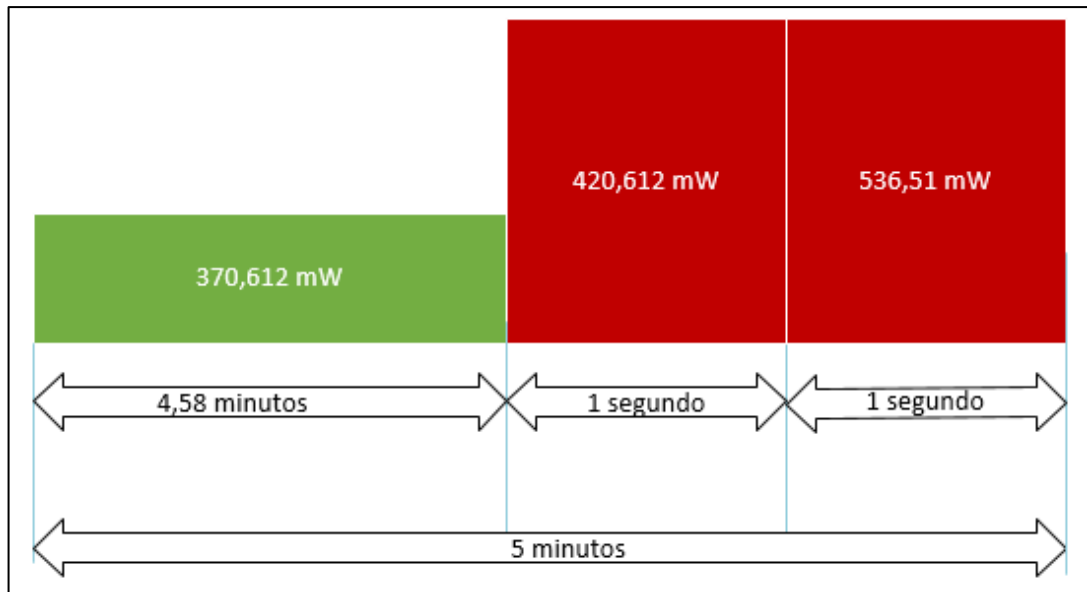


Figura 39. Potencia a los 5 minutos del dispositivo electrónico

El consumo de un ciclo en reposo, recepción y transmisión, en el intervalo de 5 minutos consume 1327,734 [mW], con una regla de tres sencilla se obtuvo en minutos el total de tiempo que funciona el dispositivo electrónico.

$$\begin{array}{rcl} 1,327734 \text{ [W]} & & 5 \text{ min} \\ 135 \text{ [Wmin]} & & X \end{array}$$

De donde $X = 508,38$ minutos que equivale a 8 horas con 47 minutos aproximadamente. Así mismo la duración de la batería dependió del intervalo de tiempo que se estableció en el monitoreo.

Además se realizó una evaluación de los efectos fisiológicos que puede provocar lesiones físicas al ser humano de acuerdo a la Tabla 7 de la Norma UNE 20.572, donde el consumo de corriente del dispositivo electrónico de 166,69 [mA] puede provocar afectaciones cardíacas, esto dependiendo de las condiciones del cuerpo y estado anímico de la persona. (AENOR, 1997)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se logró diseñar y construir un prototipo de un dispositivo electrónico para mediciones directas al suelo de temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica, las mismas que son receptadas por un microcontrolador que a su vez transmite por medio de una comunicación bluetooth hacia el dispositivo móvil donde se visualiza gráficamente las mediciones por medio de la aplicación diseñada.
- El sistema de medición y monitoreo de parámetros físico – químicos proporcionó datos similares a los dispositivos comerciales durante las pruebas funcionamiento, teniendo errores en el líquido neutro no superiores a 9 %, en el líquido ácido menores al 8% y en el líquido básico menores al 12%, esto tomando en cuenta todos los resultados de temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica.
- Se diseñó una aplicación específicamente para dispositivos móviles con una versión superior a 4.2 con un sistema operativo android, que sirvió para la recepción y monitoreo de datos físico – químicos del suelo mediante una comunicación bluetooth dentro de un radio máximo de 10 metros de distancia entre el dispositivo electrónico y el dispositivo móvil.
- Se integró mediante una comunicación inalámbrica bluetooth la aplicación móvil con el dispositivo electrónico, donde se realizó el monitoreo en tiempo real y se visualizó la variación de los parámetros físico – químicos del suelo dependiendo del intervalo de tiempo de recepción, también se calculó y se presentó los resultados estadísticos como valores máximos, mínimos y promedio de los datos emitidos por el dispositivo electrónico, con lo que se realizó el respaldo de datos con la creación de documentos CSV que fueron grabados en la memoria interna del dispositivo móvil.
- En la comparación de la similitud de datos con los dispositivos comerciales se obtuvieron los siguientes errores máximos donde en la muestra con 0 ml de líquido el error porcentual más alto fue en humedad con un 54,7%, mientras que en muestra 1 y muestra 2 con líquido neutro y líquido ácido respectivamente el error más alto se tuvo en el pH con un 30% y con un 52% con el dispositivo de referencia Hanna HI 98107. Finalmente en la muestra 3 con líquido básico el mayor error se tuvo en la conductividad eléctrica con un 12 %, todo esto se debe a factores externos como la variación de temperatura de trabajo como también las presencia de sales en el líquido utilizado.

RECOMENDACIONES

- Si se considera incursionar en la fabricación masiva de este dispositivo se recomienda la utilización de normas de diseño, donde permita incorporar recomendaciones ergonómicas y de seguridad para los usuarios
- Que se diseñe la aplicación móvil para sistemas operativos IOS, con otro tipo de comunicación y respaldo de información como puede ser por medio de Wireless y base de datos respectivamente.
- Utilizar otro tipo de fuente de alimentación para el dispositivo electrónico como puede ser por fotovoltaica u otro tipo de energía limpia si el dispositivo va a permanecer en campo por varios días.
- Incentivar a la comunidad universitaria a realizar la construcción de dispositivos electrónicos en el país no solo en el ámbito ambiental sino en otras actividades como petrolera, minera, etc.
- Que la manipulación del sistema electrónico sea únicamente por personal capacitado para la reparación del dispositivo electrónico.
- Evitar que el dispositivo electrónico esté cerca de elementos electromagnéticos como imanes, también de elementos térmicos para evitar un sobrecalentamiento del dispositivo.
- Limpiar los sensores utilizando agua destilada y secarlo con paños, evitar guardar el dispositivo electrónico en sitio con alta humedad.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (Agosto de 1997). Norma UNE 20572. Efecto de la corriente eléctrica al pasar por el cuerpo humano. Aspectos Generales. Madrid, España.
- Chango, A. F. (octubre de 2015). Sistema electrónico para la detección de ceniza volcánica y protección de cultivos. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- DAGATRON. (06 de Febrero de 2018). Termómetros HIBOK 117. Barcelona, España.
- Decagon Devices, INC. (11 de Marzo de 2016). 5 TE Water content, EC and Temperatura sensor. Washington, USA.
- Deursher, V. (2004). Design methodology for mecatronic systems. German.
- dfrobot. (15 de Mayo de 2017). PH meter V1.1 SKU: SEN0161. Obtenido de https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/PH_meter_V1.1_SKU:SEN0161
- Domingo Alberto, S. (15 de Marzo de 2015). Cómo realizar un muestreo de suelo. Cerro Azul, Argentina.
- Drafi International Standard. (Septiembre de 2015). Sistema de gestión de la calidad ISO 9001. Londres, Reino Unido.
- Ebay. (20 de Febrero de 2018). Micro SD Card SDHC mini TF Card Adapter reader module for arduino. Obtenido de <http://datalogger.pbworks.com/w/file/attach/89507207/Datalogger%20-%20SD%20Memory%20Reader%20Datasheet.pdf>
- Edwin, G. (2010). Estadística métodos y aplicaciones. Ecuador: Proceciencia Editores.
- Electrónicos CALDAS. (8 de Febrero de 2018). HC-05. Obtenido de <http://www.electronicoscaldas.com/modulos-rf/452-modulo-bluetooth-hc-05.html>
- Eras, M. A. (06 de Enero de 2016). Prototipo de un sistema Multiagente para la Automatización de Invernaderos. Loja, Loja, Ecuador.
- Erazo Mario, S. J. (Noviembre de 2011). Control y supervisión de variables en un sistema de antiheladas, riego y ventilación para optimizar los cultivos bajo invernadero. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

- Fullwat. (Enero de 2011). Diodos leds estándar. Obtenido de http://www.ross.com.es/ross01/pdf-fullwat/diodos_led.pdf
- Guastavino Claudia, F. J. (12 de agosto de 2009). Proyecto SDHS: Sensor de Humedad de suelos. Uruguay.
- HACH. (06 de Febrero de 2017). HQ14D Medidor de Conductividad digital, electrodo Conduct. std,1 m. Obtenido de <https://es.hach.com/hq14d-medidor-de-conductividad-digital-electrodo-conduct-std-1-m/product-details?id=26096933374>
- HANNA instruments. (06 de Febrero de 2018). Tester de pH, HI 98106-98197-98108. Bilbao, Eibar, España.
- Mazas, M. A. (2014). Diseño e implementación de una aplicación móvil para monitoreo de un socket autoajustable. México D.F, México.
- Ministerio del Ambiente. (29 de enero de 2009). Texto Unificado de la Legislación ambiental (TULAS). Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados. Quito, Quito, Ecuador.
- Muñoz, V. H. (2015). Desarrollo de una aplicación móvil en sistema android para el control remoto de dispositivos mediante la tecnología bluetooth 4.0. Valencia, España.
- Pacheco Campoverde Lucy Gabriela, I. T. (febrero de 2014). Desarrollo de una aplicación móvil en android de soporte para la prevención de recaídas en pacientes en proceso recuperación del hospital psiquiátrico Humberto Ugalde Camacho. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Porta Jauma, L.-A. M. (2014). Edafología uso y protección de suelos. Madrid: Printed In Spain.
- Prometec. (2 de Febrero de 2018). Cuánto consume arduino. Obtenido de <https://www.prometec.net/consumos-arduino/>
- Rivera Herrera Diana Isabel, Y. A. (Abril de 2015). Diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Salazar, Z. V. (abril de 2013). Diseño de un sistema electrónico para riego de césped de jardín empleado un sensor de humedad de suelos y comunicación inalámbrica. Lima, Perú.
- Sanchez, S. A. (2013). Automatización y control del sistema NFT para cultivos hidropónicos . Lima, Perú.

- Sebastian, G. (23 de Septiembre de 2013). Norma INV E-131-07. Obtenido de Norma de pH de los suelos I.N.V.E-131-07: <https://es.scribd.com/document/170135088/Norma-INV-E-131-07>
- Topp, G. J. (1980). Electromagnetic, Determination of Soil Water Content: Measurement in Coaxial Transmission Lines. *Water Resources Research*, p. 574-582.
- Ultimaker. (16 de Mayo de 2017). Ultimaker. Obtenido de <https://ultimaker.com/download/67619/TDS%20ABS%20v3.011-spa-ES.pdf>
- Vargas, G. A., & Bravo, G. I. (Febrero de 2015). Análisis, diseño e implementación de una aplicación móvil para el monitoreo en tiempo real de CCTV para dispositivos android, haciendo uso de la red celular. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Villarrubia, M. (julio de 2000). Seguridad eléctrica: efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano. Barcelona, España.

ANEXOS

Anexo 1

Manual de uso del sistema de medición y monitoreo

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

Por favor lea atentamente las siguientes instrucciones de seguridad y guárdelas para referencias futuras.

- El voltaje de alimentación del dispositivo electrónico debe estar entre 5 a 9 voltios.
- Evite que el dispositivo electrónico entre en contacto con humedad. Si requiere usarlo al aire libre, asegúrese de tenerlo protegido.
- No colocar recipientes o contenedores de líquidos sobre el dispositivo electrónico.
- Para limpiar los sensores utilice agua destilada y séquelo con paños secos.
- No situé el dispositivo electrónico cerca de elementos térmicos directos para evitar el sobrecalentamiento de la estructura.
- Proteja el cable de los sensores para que no sea pisado o pinchado.
- Remita todo el servicio de mantenimiento o reparación a personal calificado. El servicio de reparación se requiere cuando: no se realice la comunicación inalámbrica con el dispositivo móvil, cuando el sistema electrónico no enciende.
- Evite que el dispositivo electrónico esté cerca de elementos electromagnéticos como imanes.

1. Introducción

Este manual proporciona detalles para el uso del sistema de medición y monitoreo. Donde la aplicación MELLs fue diseñada para mostrar gráficamente la variación de los parámetros físicos-químicos del suelo como la temperatura, humedad, pH y conductividad eléctrica, además desplegar una tabla estadística donde se presentan valores máximos, mínimos y el promedio de las medidas captadas, como respaldo se puede obtener un documento CSV.

El manual tiene como finalidad dar una guía paso a paso del uso correcto de la aplicación MELLs desde su instalación hasta la comunicación mediante bluetooth con el dispositivo de medición.

2. Requerimientos

Los requerimientos mínimos para que la aplicación MELLs tenga un correcto funcionamiento en el dispositivo móvil (celular) son los siguientes:

- Sistema operativo Android (4.2 o mayor)
- Conectividad (bluetooth)

Mientras el requisito para el dispositivo de medición es alimentar con una batería menor o igual a 9 voltios.

3. Características

El dispositivo de medición tiene las siguientes características:

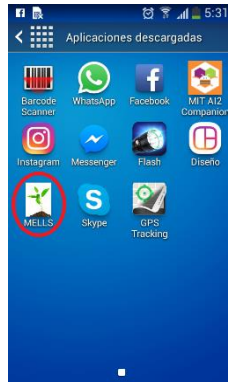
- Conectores para los sensores de pH y 5 TE
- Módulo de almacenamiento externo para micro SD
- Módulo de comunicación inalámbrica bluetooth

La aplicación móvil (MELLs) cuenta con las siguientes características:

- Pantalla de autenticación
- Conexión inalámbrica
- Monitoreo en tiempo real
- Consultas estadísticas

4. Instalación de la aplicación MELLs

Una vez descargada la aplicación en el dispositivo móvil, la instalación es de forma automática alrededor de 30 segundos. Instalada la aplicación se crea el icono ejecutable, para hacer uso de la aplicación MELLs se necesario tocar el icono para empezar a trabajar en el monitoreo.



5. Uso de la aplicación MELLS

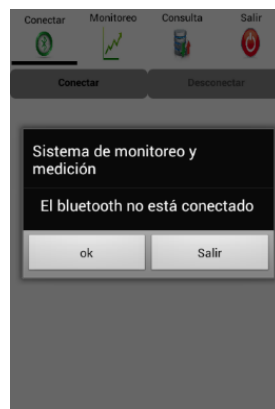
- **Autenticación**

Abierta la aplicación se debe ingresar el usuario, la contraseña y pulsar **Ingresar** para pasar a monitoreo.



- **Bluetooth**

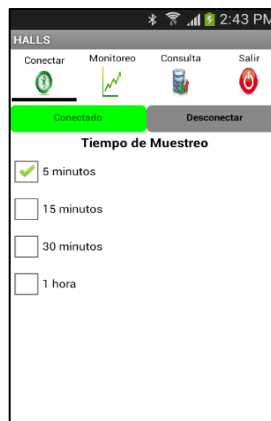
Después de pulsar ingresar en la pantalla se presentará una notificación si el bluetooth no está activado, para lo cual se debe activar el bluetooth del dispositivo móvil.



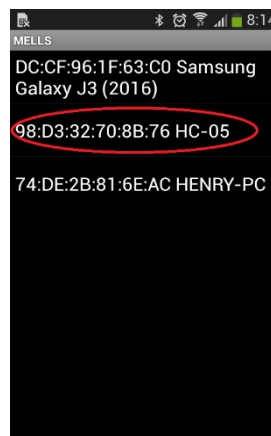
Si se utilizá por primera vez la aplicación se debe vincular el bluetooth del dispositivo de medición con el dispositivo móvil, para lo cual se debe ir a configuraciones, bluetooth, buscar el nombre del bluetooth HC-05 y ingresar la clave “1234” y se vincula.



Realizada la activación y vinculación del bluetooth se reanuda a la aplicación, en la barra de menú superior se tiene 4 opciones, CONECTAR, MONITOREO, CONSULTA y SALIR.



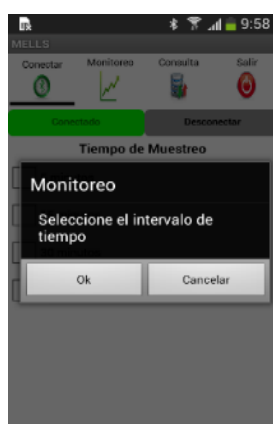
En la pantalla principal se presenta los botones de la primera opción, para conectarse con el dispositivo de medición se debe pulsar el botón **Conectar** y seleccionar el nombre del bluetooth en esté caso HC-05 y si desea desactivar la conexión con el dispositivo de medición se pulsa el botón **Desconectar**.



¡¡ Recuerda que es importante encender el dispositivo de medición para realizar la conexión con el dispositivo móvil mediante la aplicación MELLS !!

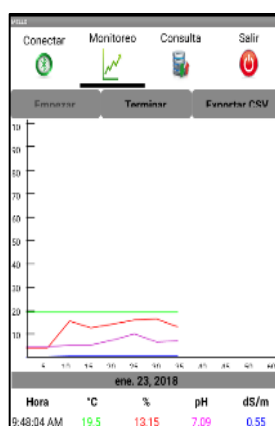
- **Intervalo de tiempo**

Realizado la conexión entre los dos bluetooth se habilitará el panel para seleccionar el intervalo del tiempo de recepción de los datos desde el dispositivo de medición, si no se marca ninguna de las casillas no se habilitará la opción del menú monitoreo y se presentará un aviso donde le pide que “Seleccione el intervalo de tiempo”.



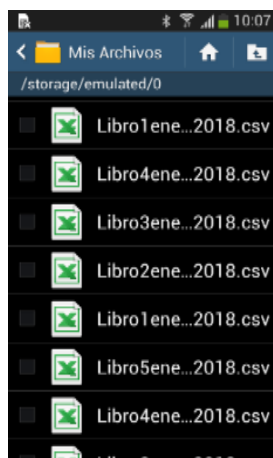
- **Monitoreo**

En la opción de MONITOREO de la barra de menú superior se presenta 3 botones: Empezar, Terminar y Exportar CSV, donde se debe pulsar el botón **Empezar** para visualizar la gráfica de los datos proporcionados por el dispositivo de medición. Para terminar el proceso de visualización y recepción de datos se pulsa el botón **Terminar**.



¡¡ Precaución: si en el dispositivo de medición no se encuentran conectados los sensores en sus respectivos puertos, se visualizará una notificación de error y se procederá a cerrar de manera obligatoria la aplicación móvil!!

Cuando se pulsa el botón **Exportar CSV** se crea un documento en un formato de lectura con todos los datos monitoreados en ese instante y se guarda de forma automática con el nombre libro más la fecha actual en la carpeta Documentos del dispositivo móvil.



- **Consulta**

La opción **Consulta** en la barra de menú superior funciona cuando se pulse por primera vez el botón empezar en la opción del monitoreo del menú. Obteniendo así una tabla estadística donde se muestran valores máximos, mínimos y el promedio de los datos medidos del suelo por el dispositivo de medición.

También como información se presenta la hora que empezó el monitoreo y la hora en que se efectúa la consulta.

	V_máximo	V_minimo	Promedio
T°	19.5	19.2	19.35
H%	2.96	2.94	2.94833
pH	6.41	4.79	5.5
C.E	0.02	0.02	0.02
Desde	Hasta	N° de muestras	
8:39:37 AM	9:06:24 AM	6	

Al pulsar el botón **Actualizar** se restablecen los valores estadísticos calculados durante el monitoreo.

- **Salir**

Al pulsar la opción **Salir** del menú principal se presenta una notificación de confirmación “Seguro que desea salir de la aplicación”. Si pulsa el botón **OK** saldrá de la aplicación y se desactivará la comunicación bluetooth con el dispositivo de medición.



Caso contrario si se pulsa el botón **CANCELAR** se mantendrá en la aplicación.

6. Uso del dispositivo de medición

- **Insertar sensores**

Tener precaución en la forma de insertar los conectores en los puertos para evitar daños.

Conectar en los puertos señalados para cada sensor en el dispositivo de medición.



Conectados los sensores proceder a encender el dispositivo de medición, como verificación se encenderá un led color rojo.

Cuando se realice el envío de los datos medidos por medio del bluetooth hacia el dispositivo móvil se encenderá un led color azul.



Cuando ya decida terminar todo el proceso de medición y monitoreo se debe salir de la aplicación, apagar el dispositivo de medición y desconectar los sensores.

Para conservar el equipo en buen estado se recomienda limpiar los sensores y guardarlos siguiendo las indicaciones establecidos en el respectivo catálogo.

NOTA: Para el proceso de colocación de los sensores en el suelo se recomienda revisar la página oficial de DECAGON DEVICES.

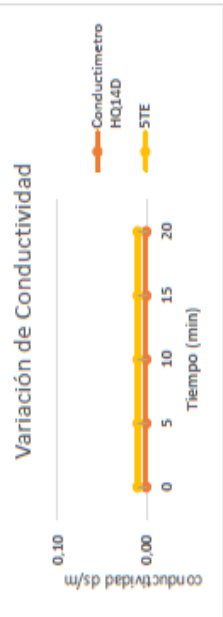
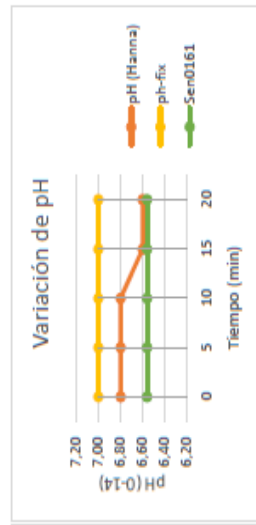
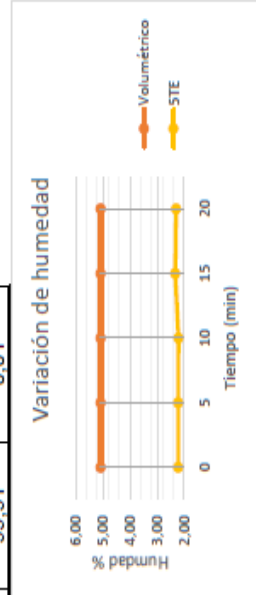
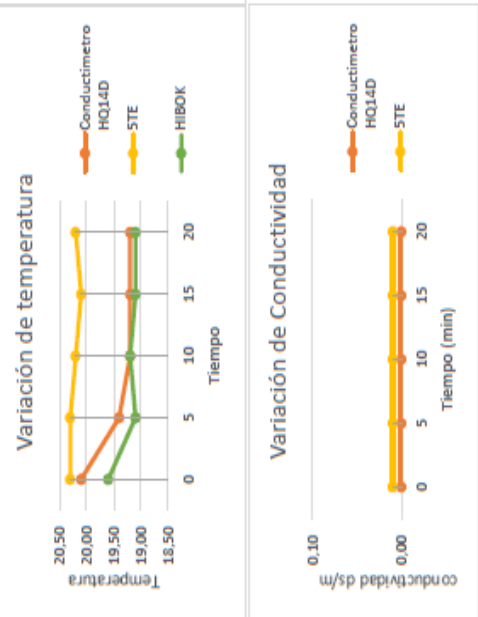
Anexo 2 Muestra 1 con líquido neutro

Muestra 1	Total de agua
Peso del suelo 586,21g de tierra	0

Masa inicial 10,52 g	Peso del papel de Al 0,44 g
Masa final 9,99 g	

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna pH (0-14) ± 0.1	Fix pH(0-14) ±1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0,5 %	CE (ds/m)						Humedad [%] ± 3%	Temperatura [°C] ± 1°C	
0	0,26	0,00	20,10	5,08	19,60	6,80	7,00	2,22	20,30	6,56
5	0,27	0,00	19,40	5,08	19,10	6,80	7,00	2,22	20,30	6,56
10	0,27	0,00	19,20	5,08	19,20	6,80	7,00	2,21	20,20	6,56
15	0,27	0,00	19,20	5,08	19,10	6,60	7,00	2,33	20,10	6,56
20	0,27	0,00	19,20	5,08	19,10	6,60	7,00	2,30	20,20	6,56
Promedio	0,27	0,00	19,42	5,08	19,22	6,72	7,00	2,26	20,22	6,56
Suma	1,34	0,00	97,10	25,41	96,10	33,60	35,00	11,28	101,10	32,80

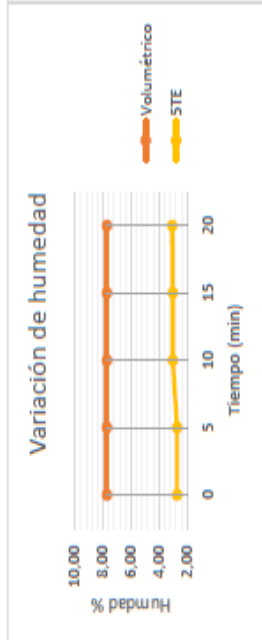
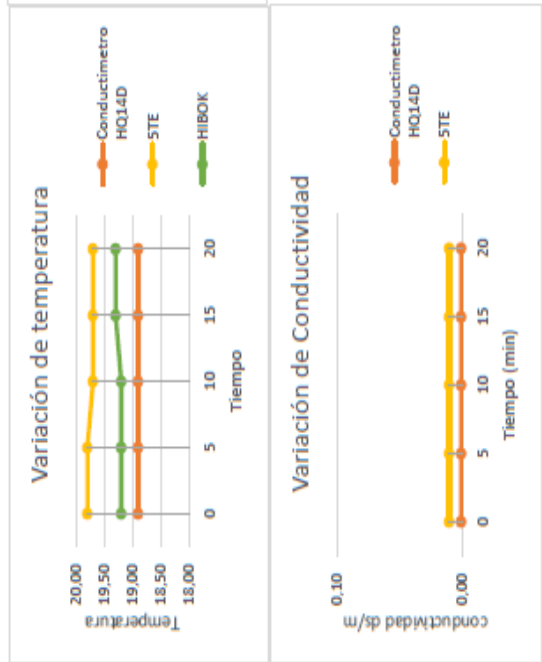
	% e.e	% e.p	S	CV	κ
HQ140	5,21	4,12	0,50	2,51	19,82
HOBK	5,76	5,20	0,55	2,79	19,72
Volumetrico	54,74	55,60	1,49	40,60	3,67
HANNA	0,61	2,38	0,11	1,68	6,64
fix	6,29	6,29	0,23	3,42	6,78
HQ140	0,00	0,00	0,01	99,91	0,01



Peso del suelo 586,21g de tierra Total de agua 80 ml

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna		Fix		5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)				pH (0-14) ± 0.1	pH(0-14) ±1	Temperatura [°C] ± 1°C	CE ds/m ± 10%	Humedad [%] ± 3%	Temperatura [°C] ± 1°C	
0	32,00	0,03	18,90	7,72	19,20	5,10	6,00	6,00	19,80	0,03	6,41	
5	65,00	0,07	18,90	7,72	19,20	4,40	6,00	6,00	19,80	0,03	6,42	
10	56,00	0,06	18,90	7,72	19,20	4,40	6,00	6,00	19,70	0,04	6,41	
15	48,00	0,05	18,90	7,72	19,30	4,40	6,00	6,00	19,70	0,04	6,41	
20	40,00	0,04	18,90	7,72	19,30	4,40	6,00	6,00	19,70	0,04	6,41	
Promedio	48,20	0,05	18,90	7,72	19,24	4,54	6,00	6,00	19,74	0,04	6,41	
Suma	241,00	0,24	94,50	38,60	96,20	22,70	30,00	30,00	98,70	0,18	32,06	

	% e.e	% e.p	S	CV	\bar{x}
HQ140	4,23	4,44	0,44	2,30	19,32
HOBK	2,07	2,60	0,27	1,38	19,49
Volumetrico	60,24	62,26	2,54	47,70	5,32
HANNA	45,68	41,23	1,01	18,42	5,48
fix	6,83	6,87	0,22	3,50	6,21
HQ140	0,00	25,31	0,01	27,02	0,04

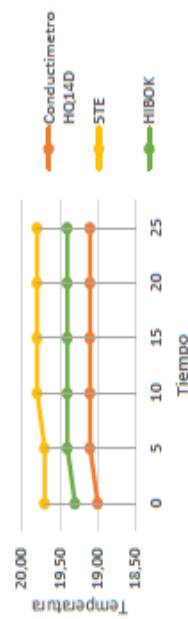


Peso del suelo 586,21g de tierra Total de agua 160 ml

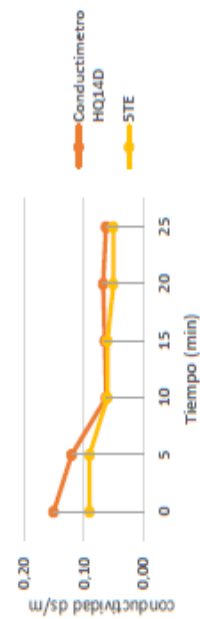
Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna pH(0-14) ± 0.1	Fix pH(0-14) ±1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)						Humedad [%] ± 3%	Temperatura [°C] ± 1°C	
0	150,00	0,15	19,00	15,39	19,30	4,40	6,00	19,70	0,09	5,79
5	120,00	0,12	19,10	15,39	19,40	4,40	6,00	19,70	0,09	5,79
10	62,00	0,06	19,10	15,39	19,40	4,40	6,00	19,80	0,06	5,79
15	64,50	0,06	19,10	15,39	19,40	4,40	6,00	19,80	0,06	5,79
20	67,00	0,07	19,10	15,39	19,40	4,40	6,00	19,80	0,05	5,81
25	62,40	0,06	19,10	15,39	19,40	4,40	6,00	19,80	0,05	5,81
Promedio	87,65	0,09	19,08	15,39	19,38	4,40	6,00	19,77	0,07	5,80
Suma	525,90	0,53	114,50	92,35	116,30	26,40	36,00	118,60	0,40	34,78

	% e.e	% e.p	S	CV	\bar{x}
HQ140	3,66	3,58	0,36	1,85	19,43
HOBK	2,06	1,98	0,21	1,05	19,58
Volumetrico	21,64	34,03	3,79	29,70	12,77
HANNA	32,05	31,74	0,73	14,31	5,10
fix	3,17	3,39	0,11	1,80	5,90
HQ140	19,87	23,94	0,03	39,55	0,08

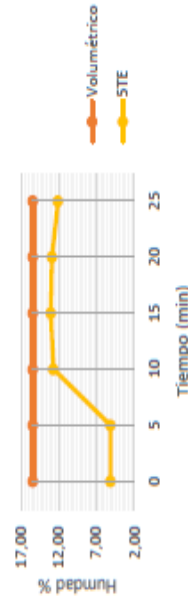
Variación de temperatura



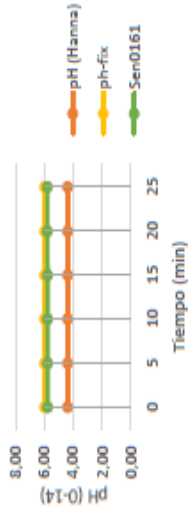
Variación de Conductividad



Variación de humedad



Variación de pH



Anexo 3 Muestra 2 con líquido ácido

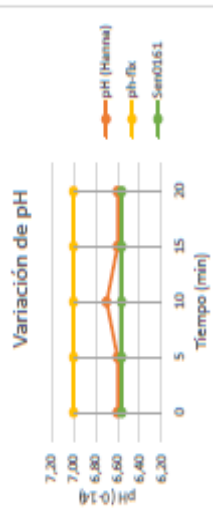
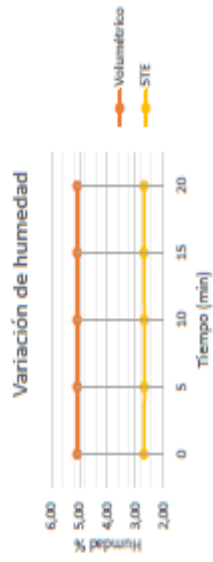
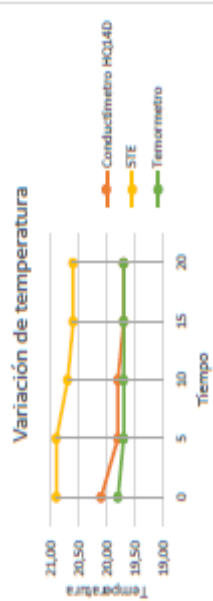
Muestra 2	
Peso del suelo	719,94g de tierra
Total de agua ácida	0
Densidad del Zumo de limón	1,035 (g/cm ³)

	Dispositivos existentes	Dispositivo creado
Zumo de limón	3,4	3,42
Zumo de limón	95	100
Zumo de limón	19,9	21,1

Masa inicial	10,52 g	Masa final	9,99g	Peso recipiente	0,44g
--------------	---------	------------	-------	-----------------	-------

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3		HIBOK ± 1 °C	Hanna pH(0-14) ± 0,1	Fix pH(0-14) ± 1	Humedad [%] ± 3%	5-TE Temperatura [°C] ± 1°C	Sen0161 pH (0-14) ± 0,1
	CE (ds/m)	CE (ds/m)	Temperatura	Temperatura						
0	0,23	0,00	20,10	19,80	5,08	6,60	7,00	2,68	20,90	6,56
5	0,23	0,00	19,80	19,70	5,08	6,60	7,00	2,67	20,90	6,56
10	0,23	0,00	19,80	19,70	5,08	6,70	7,00	2,67	20,70	6,56
15	0,23	0,00	19,70	19,70	5,08	6,60	7,00	2,68	20,60	6,56
20	0,23	0,00	19,70	19,70	5,08	6,60	7,00	2,68	20,60	6,56
Promedio	0,23	0,00	19,82	19,72	5,08	6,62	7,00	2,68	20,74	6,56
Suma	1,15	0,00	99,10	98,60	25,41	33,10	35,00	13,38	103,70	32,80

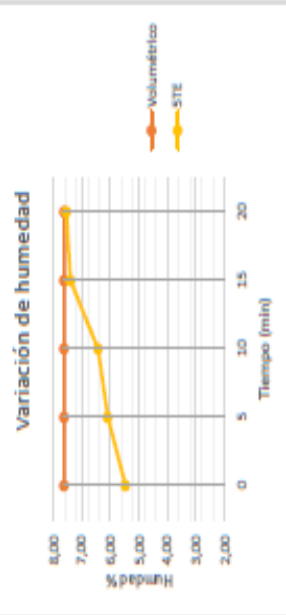
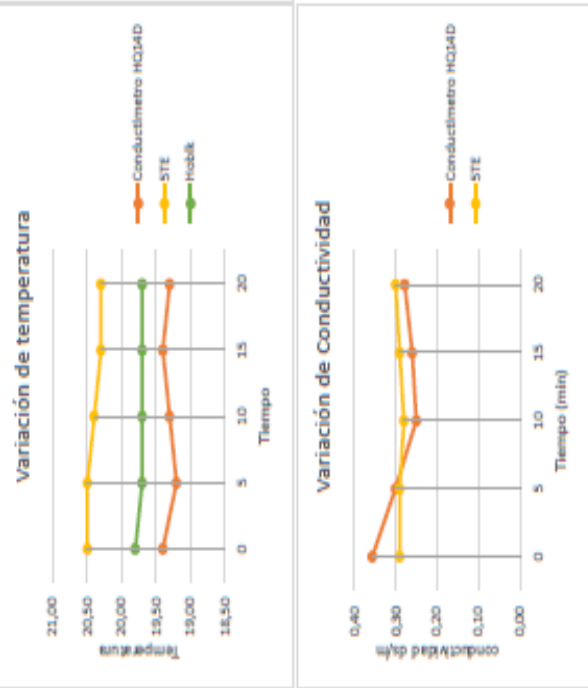
	% e.e	% e.p	S	CV	K
HQ140	4,57	4,64	0,51	2,50	20,28
HOBK	4,57	5,17	0,55	2,71	20,23
Volumetrico	47,26	47,34	1,27	32,89	3,68
HANNA	0,81	0,81	0,04	0,66	6,59
fix	6,29	6,29	0,23	3,42	6,78
HQ140	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Peso del suelo 710,94 gr Total de agua ácida 80 ml

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna pH (0-14) ± 0.1	Fix ph(0-14) ± 1	S-TE		Sen0161 pH(0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)						Humedad [%] ± 3%	Temperatura [°C] ± 1°C	
0	366,00	0,38	19,40	7,62	19,80	4,40	4,00	5,47	20,50	4,11
5	300,00	0,30	19,20	7,62	19,70	2,70	4,00	6,09	20,50	4,11
10	250,00	0,25	19,30	7,62	19,70	2,70	4,00	6,43	20,40	4,11
15	260,00	0,26	19,40	7,62	19,70	2,60	4,00	7,40	20,30	4,11
20	278,00	0,28	19,30	7,62	19,70	2,70	4,00	7,54	20,30	4,11
Promedio	288,80	0,29	19,32	7,62	19,72	3,02	4,00	6,59	20,40	4,11
Suma	1444,00	1,44	96,60	38,10	98,60	15,10	20,00	32,93	102,00	20,55

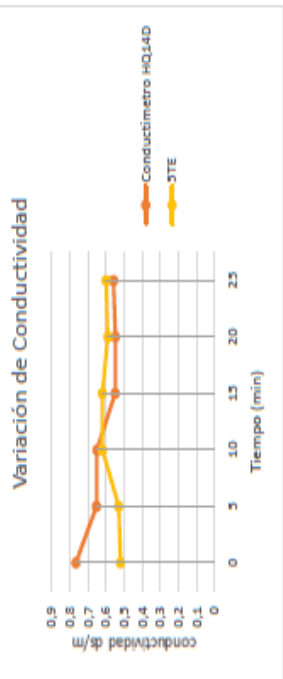
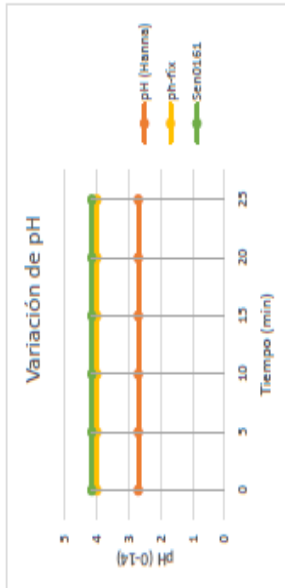
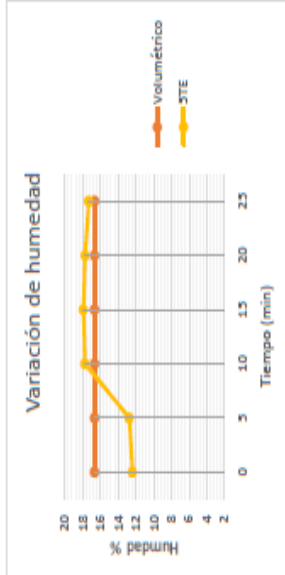
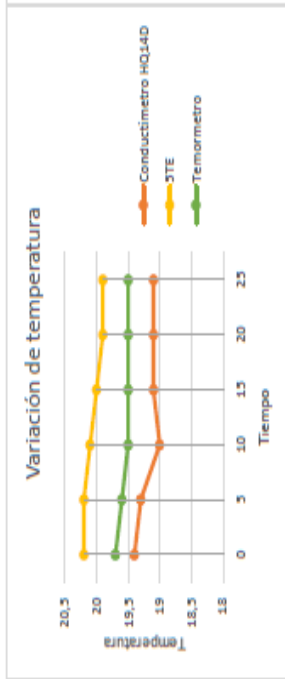
	% e.e	% e.p	S	CV	κ
HQ140	5,18	5,59	0,58	2,90	19,86
HOBIK	3,05	3,45	0,37	1,82	20,06
Volumetrico	1,05	13,57	0,80	11,27	7,10
HANNA	52,22	36,09	0,77	21,64	3,57
fix	2,75	2,75	0,06	1,43	4,06
HQ140	7,91	0,42	0,03	9,84	0,29



Peso del suelo 719,94 gr Total de agua ácida 160 ml

Tiempo (min)	conductímetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna pH (0-14) ± 0.1	Fix phi(0-14) ± 1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)						Temperatura [°C] ± 1°C	Humedad [%] ± 3%	
0	766	0,766	19,4	16,63	19,7	2,7	4	20,2	12,36	4,16
5	652	0,652	19,3	16,63	19,6	2,7	4	20,2	12,72	4,16
10	650	0,65	19	16,63	19,5	2,7	4	20,1	17,71	4,16
15	550	0,55	19,1	16,63	19,5	2,7	4	20	17,89	4,16
20	548	0,548	19,1	16,63	19,5	2,7	4	19,9	17,7	4,16
25	559	0,559	19,1	16,63	19,5	2,7	4	19,9	17,3	4,16
Promedio	620,83	0,62	19,17	16,63	19,55	2,70	4,00	20,05	15,95	4,16
Suma	3725,00	3,73	115,00	99,78	117,30	16,20	24,00	120,30	95,68	24,96

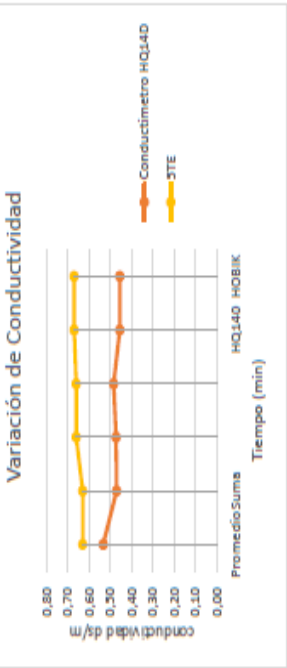
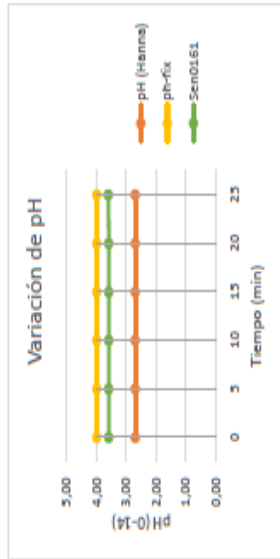
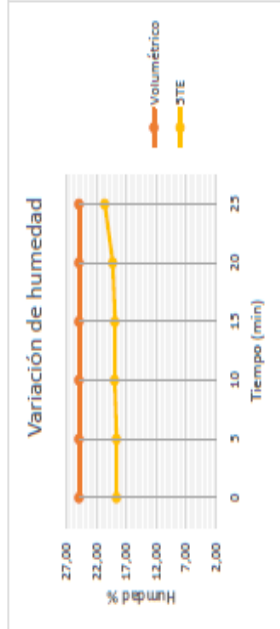
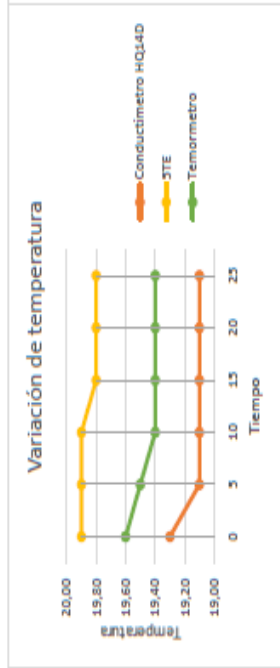
	% e.e	% e.p	S	CV	κ
HQ140	4,19	4,61	0,48	2,46	19,61
HOBK	2,05	2,56	0,28	1,43	19,80
Volumétrico	4,03	4,11	1,82	11,18	16,29
HANNA	54,07	54,07	0,76	22,23	3,43
fix	4,00	4,00	0,08	2,05	4,08
HQ140	7,33	6,58	0,07	11,43	0,60



Peso del suelo 719,94 gr Total de agua ácida 240 ml

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna pH (0-14) ± 0.1	Fix ph(0-14) ± 1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)						Humedad [%] ± 3%	Temperatura [°C] ± 1°C	
0	534,00	0,53	19,30	24,91	19,60	2,70	4,00	18,61	19,90	3,59
5	471,00	0,47	19,10	24,91	19,50	2,70	4,00	18,61	19,90	3,59
10	474,00	0,47	19,10	24,91	19,40	2,70	4,00	18,96	19,90	3,59
15	485,00	0,49	19,10	24,91	19,40	2,70	4,00	18,91	19,80	3,59
20	456,00	0,46	19,10	24,91	19,40	2,70	4,00	19,25	19,80	3,59
25	456,00	0,46	19,10	24,91	19,40	2,70	4,00	20,59	19,80	3,61
Promedio	479,33	0,48	19,13	24,91	19,45	2,70	4,00	19,16	19,85	3,59
Suma	2876,00	2,88	114,80	149,46	116,70	16,20	24,00	114,93	119,10	21,56

	% e.e	% e.p	S	CV	σ
HQ140	3,66	3,75	0,38	1,95	19,49
HOBIX	2,06	2,06	0,22	1,12	19,65
Volumetrico	17,34	23,10	3,05	13,83	22,03
HANNA	33,70	33,09	0,47	14,83	3,15
fix	9,75	10,17	0,21	5,60	3,80
HQ140	46,93	36,30	0,09	16,56	0,57



Anexo 4 Muestra 3 con líquido básico

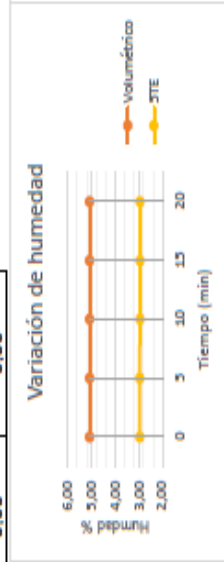
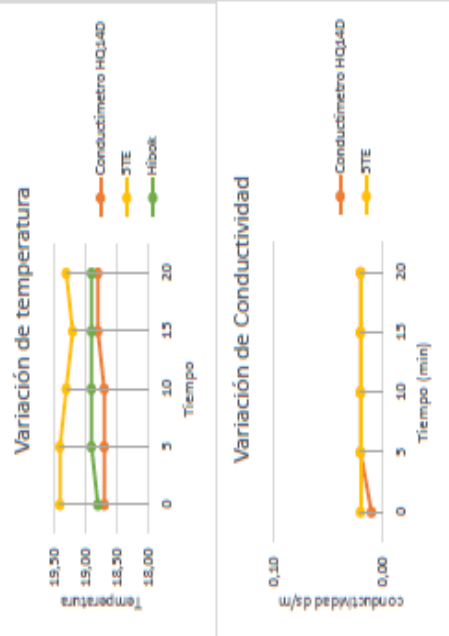
Muestra 3	892.83gr	Total de agua residual	0
------------------	----------	------------------------	---

	Dispositivos existentes
Agua residual	pH(0-14)
Agua residual	CE(us/cm)
Agua residual	Temperatura (°C)
	Dispositivo creado
	12,05
	9,71
	19,1

Masa inicial 10,01 gr	Masa final 9,5 gr	Peso recipiente 0,42g
--------------------------------	----------------------------	--------------------------------

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3	HIBOK (%)	Hanna pH (0-14) ± 0,1	Fix pH(0-14) ± 1	Humedad [%] ± 3%	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0,1
	CE (us/cm) ± 0,5 %	CE (ds/m)						Temperatura [°C] ± 1°C	CE ds/m ± 10%	
0	0,01	0,00	18,70	5,08	6,60	7,00	2,96	19,40	0,02	6,56
5	0,02	0,00	18,70	5,08	6,60	7,00	2,96	19,40	0,02	6,56
10	0,02	0,00	18,70	5,08	6,70	7,00	2,95	19,30	0,02	6,56
15	0,02	0,00	18,80	5,08	6,60	7,00	2,95	19,20	0,02	6,56
20	0,02	0,00	18,80	5,08	6,60	7,00	2,94	19,30	0,02	6,56
Promedio	0,02	0,00	18,74	5,08	6,62	7,00	2,95	19,32	0,02	6,56
Suma	0,09	0,00	93,70	25,41	33,10	35,00	14,76	96,60	0,10	32,80

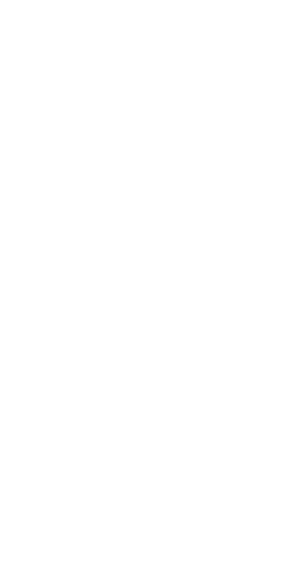
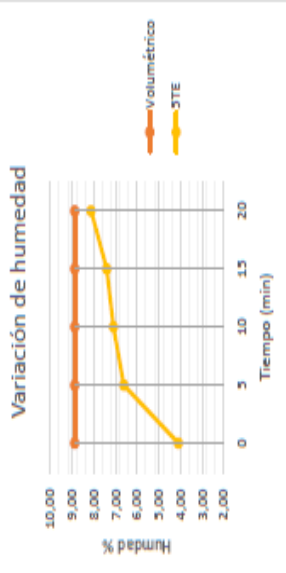
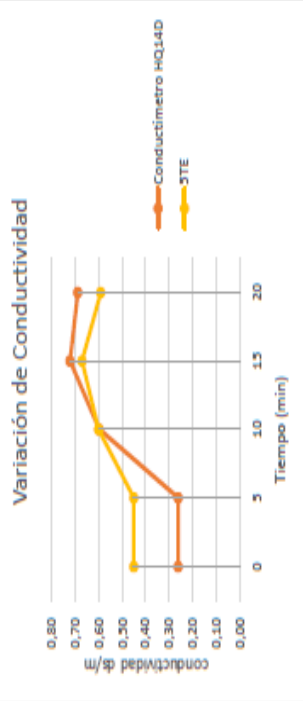
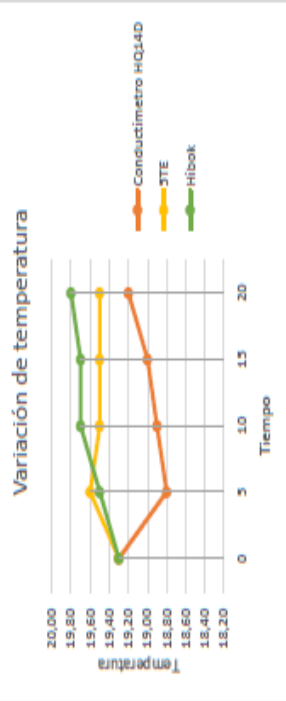
	% e.e	% e.p	S	CV	Σ
HQ140	2,66	3,09	0,31	1,64	19,03
HOBK	2,12	2,33	0,24	1,26	19,10
Volumetrico	42,14	41,91	1,12	27,94	4,02
HANNA	0,61	0,91	0,04	0,66	6,59
fix	6,29	6,29	0,23	3,42	6,78
HQ140	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Peso del suelo 692.83gr Total de agua residual 80 ml

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0.3		HIBOK ± 1 °C	Hanna pH (0-14) ± 0.1	Fix ph(0-14) ± 1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)	Temperatura (°C) ± 0.3	Humedad (%)				Temperatura [°C] ± 1°C	Humedad [%] ± 3%	
0	261,00	0,26	19,30	8,87	19,30	9,80	10,00	19,30	0,45	8,57
5	261,00	0,26	18,80	8,87	19,50	9,00	10,00	19,60	0,45	8,86
10	597,00	0,60	18,90	8,87	19,70	10,00	10,00	19,50	0,60	8,60
15	721,00	0,72	19,00	8,87	19,70	9,40	10,00	19,50	0,67	8,89
20	688,00	0,69	19,20	8,87	19,80	9,00	10,00	19,50	0,59	10,17
Promedio	505,60	0,51	19,04	8,87	19,60	9,44	10,00	19,48	0,55	9,02
Suma	2528,00	2,53	95,20	44,33	98,00	47,20	50,00	97,40	2,76	45,09

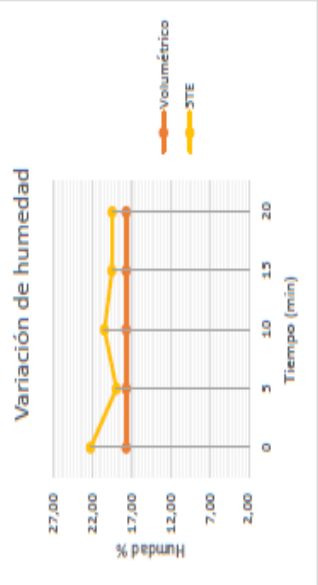
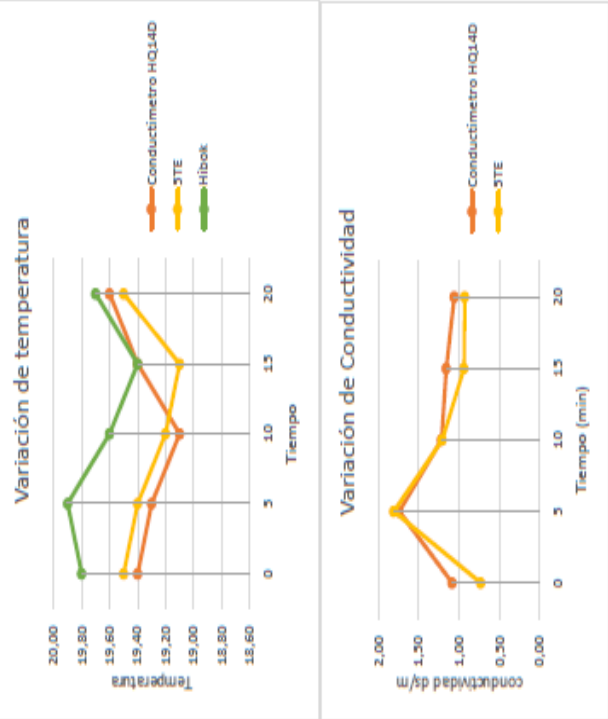
	% e.e	% e.p	S	CV	κ
HQ140	1,56	2,31	0,28	1,45	19,26
HOBK	1,52	0,61	0,16	0,84	19,54
Volumetrico	8,42	24,84	1,55	19,93	7,77
HANNA	13,00	4,47	0,58	6,28	9,23
fix	1,70	9,82	0,68	7,15	9,51
HQ140	14,24	9,18	0,17	31,61	0,53



Peso del suelo 692.83gr Total de agua residual 160 ml

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ± 0,3		Humedad(%)	HIBOK ± 1 °C	Hanna pH (0-14) ± 0,1	Fix ph(0-14) ±1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0,1
	CE (us/cm) ± 0,5 %	CE (ds/m)	Temperatura (°C) ± 0,3	Temperatura (°C) ± 1°C					Humedad [%] ± 3%	Temperatura [°C] ± 1°C	
0	1086,00	1,09	19,40	19,80	17,68	19,80	10,50	9,00	19,50	0,73	8,66
5	1743,00	1,74	19,30	19,90	17,68	19,90	9,20	9,00	19,40	1,81	8,57
10	1218,00	1,22	19,10	19,60	17,68	19,60	9,00	9,00	19,20	1,21	8,80
15	1160,00	1,16	19,40	19,40	17,68	19,40	8,80	9,00	19,10	0,94	9,10
20	1060,00	1,06	19,60	19,70	17,68	19,70	9,10	9,00	19,50	0,93	9,20
Promedio	1253,40	1,25	19,36	19,68	17,68	19,68	9,32	9,00	19,34	1,12	8,87
Suma	6267,00	6,27	96,80	98,40	88,39	98,40	46,60	45,00	96,70	5,62	44,33

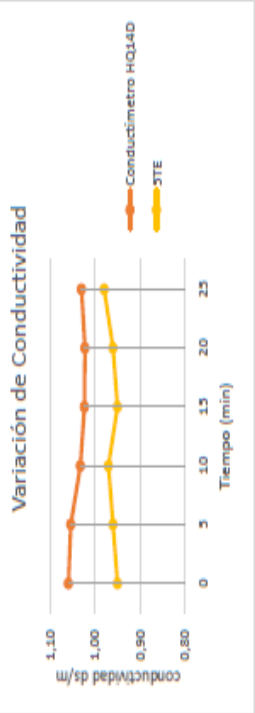
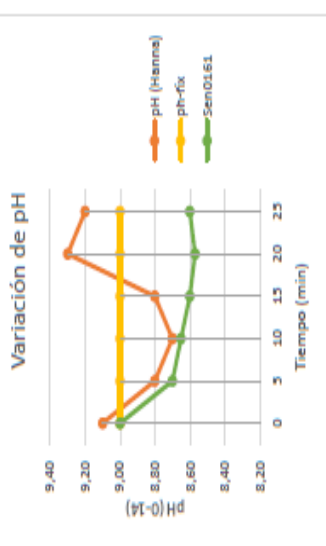
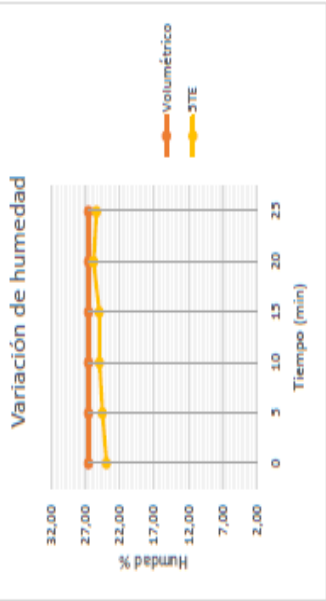
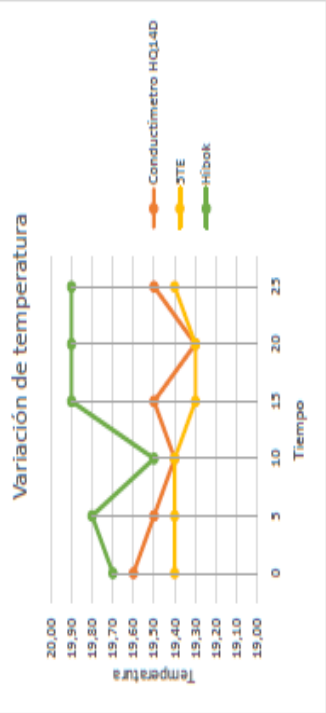
	% e.e	% e.p	S	CV	K
HQ140	0,51	0,10	0,17	0,89	19,35
HOBK	1,02	1,73	0,25	1,29	19,51
Volumetrico	10,03	13,67	1,54	8,17	18,89
HANNA	1,10	4,87	0,54	5,96	9,09
fix	2,22	1,49	0,20	2,19	8,93
HQ140	12,26	10,32	0,34	28,89	1,19



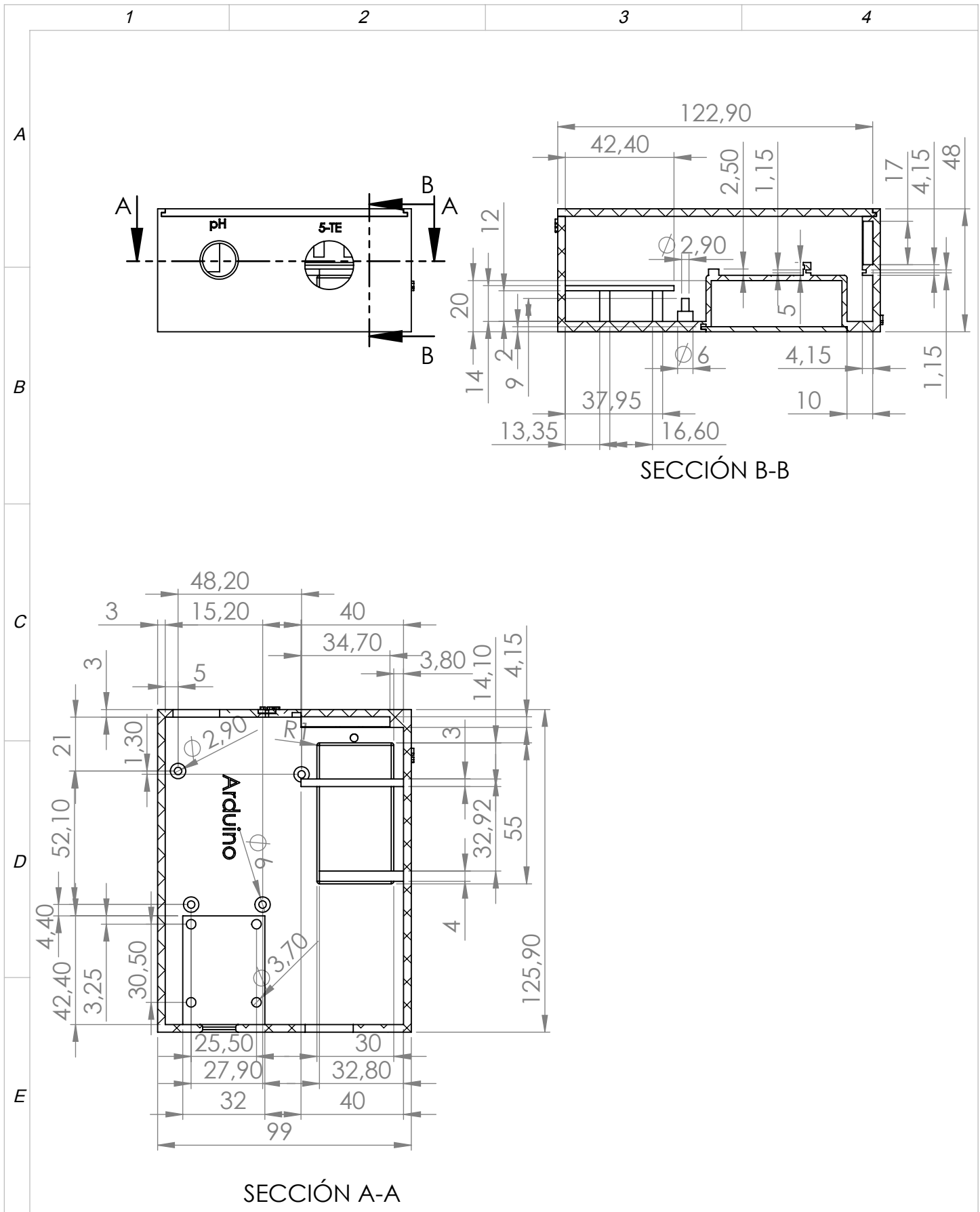
Peso del suelo 692,83gr Total de agua residual 240 ml

Tiempo (min)	conductimetro (us/cm)		Temperatura (°C) ±		HIBOK ± 1 °C	Hanna pH(0-14) ± 0.1	Fix ph(0-14) ±1	5-TE		Sen0161 pH (0-14) ± 0.1
	CE (us/cm) ± 0.5 %	CE (ds/m)	Temperatura (°C) ± 0.3	Humedad(%)				Temperatura [°C] ± 1°C	Humedad [%] ± 3%	
0	1060,00	1,06	19,60	26,49	19,70	9,10	9,00	19,40	0,95	9,00
5	1055,00	1,06	19,50	26,49	19,80	8,80	9,00	19,40	0,96	8,70
10	1033,00	1,03	19,40	26,49	19,50	8,70	9,00	19,40	0,97	8,65
15	1024,00	1,02	19,50	26,49	19,90	8,80	9,00	19,30	0,95	8,60
20	1023,00	1,02	19,30	26,49	19,90	9,30	9,00	19,30	0,96	8,57
25	1031,00	1,03	19,50	26,49	19,90	9,20	9,00	19,40	0,98	8,60
Promedio	1037,67	1,04	19,47	26,49	19,78	8,98	9,00	19,37	0,96	8,69
Suma	6226,00	6,23	116,80	158,93	118,70	53,90	54,00	116,20	5,77	52,12

	% e.e	% e.p	S	CV	Σ
HQ140	0,51	0,51	0,09	0,48	19,42
HOBK	2,51	2,11	0,25	1,25	19,58
Volumetrico	4,48	6,14	0,96	3,73	25,67
HANNA	6,52	3,30	0,25	2,86	8,84
fix	4,44	3,48	0,20	2,22	8,84
HQ140	4,95	7,32	0,04	4,19	1,00



Anexo 5
Dimensiones de las estructuras modeladas



				TOLERANCIA:	PESO [Kg]:	MATERIAL:	
				± 0.1		ABS	
				Fecha	Nombre	Prototipo del dispositivo electrónico	
				Dibujado 26/02/2018	Henry Lumiguano		
				Revisado			
				Aprobado		ESCALA:	
				FIRMA / EMPRESA:		1:2	
				UTE		DIBUJO Nº:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			PLANO superior y posterior	
						HOJA:	
						A4	

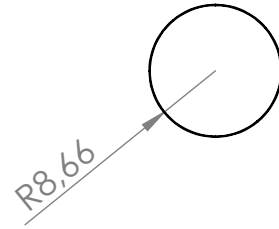
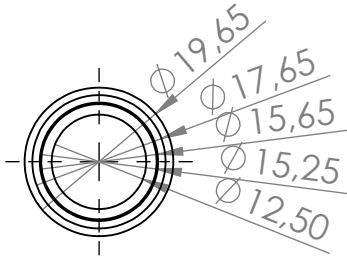
1

2

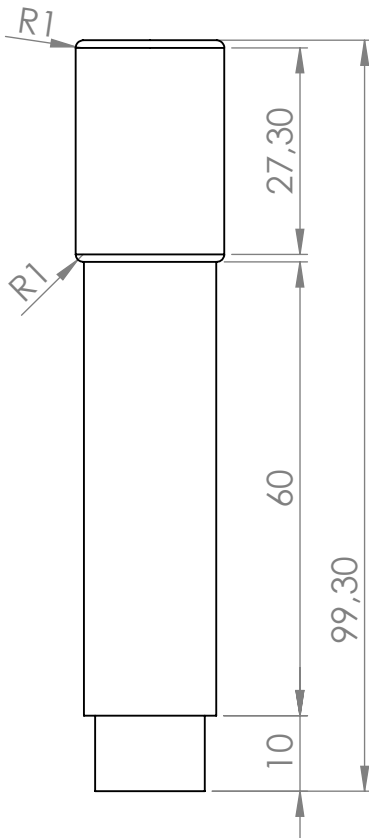
3

4

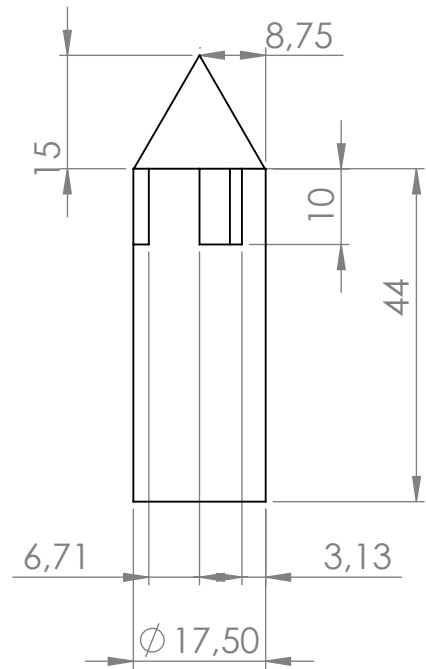
A



B



C



D

E

				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO [Kg]:	MATERIAL: ABS	
							ESCALA: 1:1
				Fecha	Nombre	Protección del Sensor pH	
				Dibujado 26/02/2018	Henry Llumiguano		
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA: UTE		DIBUJO Nº: Plano superior y lateral	HOJA: A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

1

2

3

4

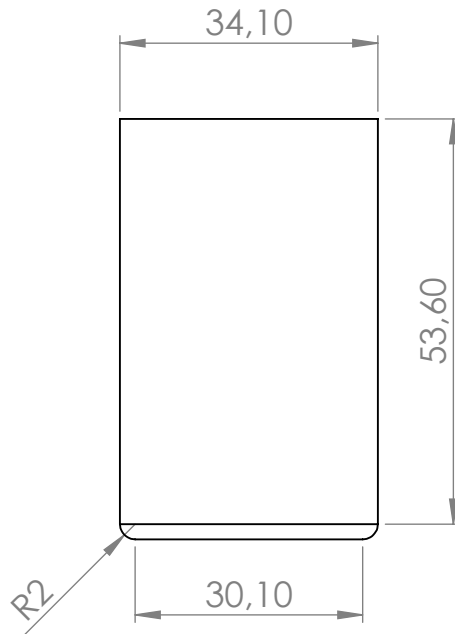
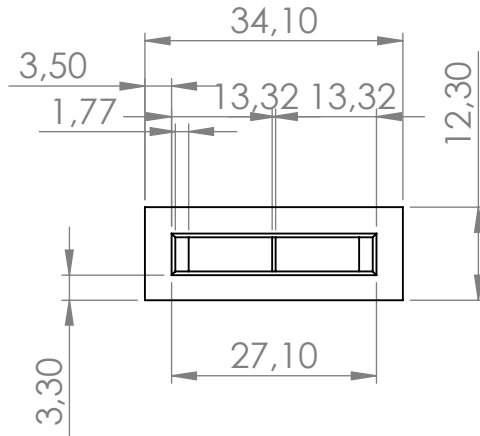
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ± 0.1	PESO [Kg]:	MATERIAL: ABS	
							ESCALA: 1:1
				Fecha	Nombre	Protección del Sensor 5 TE	
				Dibujado 26/02/2018	Henry Lumiguano		
				Revisado			
				Aprobado			
				FIRMA / EMPRESA: UTE		DIBUJO Nº: Plano frontal y superior	HOJA: A4
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

ABREVIATURAS

pH	=	Potencial de hidrógeno
SDHS	=	Sensor De Humedad de Suelos
Hz	=	Hertz
ml	=	Mililitro
mV	=	Milivoltio
VWC	=	Volumetric Water Content
mA	=	Miliamperio
VDC	=	Voltaje de corriente directa
VCC	=	Voltaje de corriente continua
V	=	Voltios
kPa	=	Kilo pascales
ABS	=	Acrlonitrilo butadieno estireno
Ω	=	Ohm
Psi	=	Pounds-force per square inch
BNC	=	Bayonet Neill-Concelman
g	=	Gramo
NFT	=	Nutrient Film Technique
TTL	=	Transistor-Transistor Logic
SDI	=	Serial Data Interface
IDE	=	Integrated Development Environment
CCTV	=	Closed Circuit Television
IEEE	=	Institute of Electrical and Electronics Engineers
mW	=	miliWatt
mS/m	=	miliSiemens – metro
dS/m	=	deciSiemens – metro
ms	=	Milisegundo
s	=	Segundo
CSV	=	Comma-separated values
[N]	=	Newton
[Pa]	=	Pascal
mAh	=	Miliamperio Hora

CAD	=	Computer-aided design
ISO	=	International Organization for Standardization
min	=	Minuto
mWmin	=	milivatio minuto
[W]	=	Vatio
dBm	=	Decibelio
cm	=	Centímetro
mm	=	Milímetro
app	=	Application
INV	=	Instituto Nacional de Vías
m	=	Metro
GHz	=	Giga-Hertz
kg	=	Kilogramo
apk	=	Android Application Package
Wh	=	Vatios-hora
Wmin	=	Vatios-minuto
Ah	=	Amperio-hora
P	=	Potencia
UNE	=	Una Norma Española