



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“DISEÑAR UNA INFRAESTRUCTURA DE RED DE DATOS UTILIZANDO SENSORES, PARA EL ALMACENAMIENTO Y RIEGO AUTOMATIZADO DE AGUA EN UNA PLANTACIÓN DE CACAO, UBICADA EN LA FINCA LEONELA Km. 48 VÍA AL TRIUNFO.”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

LICENCIADO EN REDES Y SISTEMAS OPERATIVOS

LUIS FERNANDO PIEDRA CUESTA

FERNANDO STALYN ZATIZABAL CABRERA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2017

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos en primer lugar a Dios, por ayudarme a llegar a esta anhelada etapa en mi formación académica y profesional, por permitirme alcanzar un objetivo más en mi vida y también le estoy infinitamente agradecido por bendecirme con una familia tan maravillosa con la que siempre puedo contar.

Agradezco de una forma muy especial a mis amados padres. Mi mamá, Doña Teresita Mercedes Cuesta Vega y mi papá, Don Rofilo Antonio Piedra Buele, ellos dos son y han sido mis pilares fundamentales, ya que siempre he podido contar con su guía y apoyo en toda mi formación personal y en mi preparación profesional, les agradezco tanto que hayan estado y estén presentes en cada etapa de mi vida, gracias a sus consejos y lecciones puedo decir que soy una mejor persona y un hombre de bien, a ellos les dedico todo el esfuerzo que conlleva este título y la importancia que significa para mí.

Agradezco mucho a mis queridos, pacientes e inseparables hermanos Juan Pablo, Marco Antonio y a mi hermanita Lizbeth Katherine, ya que siempre han estado presentes apoyándome de una u otra forma y son ejemplos a seguir. Gracias por ser parte de mi familia y de esta meta cumplida.

Agradezco a todo el personal docente de la ESPOL, mi alma mater, ya que han sabido de la mejor manera brindar sus conocimientos, proveer una enseñanza de calidad y ser un ejemplo de servicio y superación.

Agradezco también de una forma muy especial a mi compañero de tesis Fernando Stalyn Zatzabal Cabrera, ya que gracias a su compromiso y dedicación hemos podido sacar adelante este excelente proyecto de Titulación y de esta forma culminar con éxitos nuestra formación profesional de tercer nivel.

LUIS FERNANDO PIEDRA CUESTA

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por siempre guiarme por el buen camino y haberme ayudado a superar cada barrera que a lo largo de mi carrera universitaria tuve.

A mis amados padres Manuel Zatzabal y Olga Cabrera por su infinito amor, y sus innumerables consejos que me sirvieron para hacer una persona de bien y para superarme profesionalmente. Por todos los sacrificios y recursos que invirtieron en mí para poder terminar mi carrera universitaria, los amo mucho.

A mis hermanos Manuel Enrique y Mabel, que son un gran ejemplo a seguir e imitar, cada uno con grandes virtudes, siempre estuvieron presentes en cada detalle y avance de mi carrera.

A mi novia Dayanara Amaya, a quien le agradezco por su infinito amor, paciencia y confianza a lo largo de mi vida universitaria.

A mi compañero Luis Piedra, por su ayuda en todo momento del proyecto, hoy podemos decir que terminamos esta meta tan importante en nuestras vidas.

A mis profesores que siempre estuvieron para ayudarnos en cualquier aspecto, ya sea en conceptos académicos hasta un buen consejo.

A mis compañeros y amigos quienes compartí todo este tiempo en la ESPOL risas, preocupaciones y de alguna manera ayudaron a llegar a esta meta.

FERNANDO STALYN ZATIZABAL CABRERA

DEDICATORIA

El presente título de graduación lo dedico principal y especialmente a mis padres, Teresita Mercedes Cuesta Vega y Rófilo Antonio Piedra Buele, ya que ambos son y han sido los pilares fundamentales de toda mi formación personal y profesional, son mis referentes de superación, mis guías, amigos y ejemplos de cómo ser una persona de bien, sin ellos este anhelado sueño y meta cumplida no hubiese sido posible, ya que su apoyo, confianza y sabios consejos me han servido de mucho a lo largo de toda esta travesía académica para poder alcanzar este gran logro, ellos dos son los que se merecen este título y mucho más, los amo mucho. ¡Gracias!

LUIS FERNANDO PIEDRA CUESTA

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación en primer lugar a Dios por nunca abandonarme en todo este proceso académico. A mis padres que son los pilares de mi vida, siempre estuvieron apoyándome en los momentos más difíciles. Mis hermanos, mis sobrinas, novia y toda mi familia, por siempre poder contar con ellos de manera incondicional en cualquier aspecto que necesitara. Querida familia esto va dedicado para ustedes por la confianza que siempre me tuvieron y nunca dudaron de mí. Gracias a Dios pude lograr este nuevo objetivo.

FERNANDO STALYN ZATIZABAL CABRERA

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
Msig. Robert Andrade Troya

PROFESOR DE MATERIA
INTEGRADORA

.....
M. Eng. María Angélica Santacruz

TUTOR ACADÉMICO

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Luis Fernando Piedra Cuesta

.....
Fernando Stalyn Zatzabal Cabrera

RESUMEN

La finca Leonela no tiene un sistema automatizado para el riego de su cultivo de cacao, lo que conlleva a que los empleados trabajen 4 horas en la mañana durante 4 días por cada hectárea y que además se produzca desperdicio de agua debido a que no hay un dispositivo que permita medir la humedad del suelo y con ello controlar la cantidad del recurso hídrico requerido por cada sector, para regar la plantación cada vez que sea necesario.

El objetivo de este proyecto está enfocado en proveer un sistema mediante tecnologías de comunicación y procesos automatizados que brinden una adecuada producción y desarrollo de la planta de cacao, ahorro de tiempo en el riego del cultivo, optimización del recurso hídrico subterráneo y reducción de gastos en la contratación de mano de obra.

Para esto se ha diseñado un sistema automatizado con sensores conectados a Arduinos y a una red de datos que comunica los dispositivos ubicados en tres sectores dentro de la finca, de modo que extrayendo agua subterránea y almacenándola en tanques, se la pueda suministrar de forma continua a una plantación de varias hectáreas, para ello se utiliza un subsistema que extrae y almacena el recurso hídrico, y otro que la envía por tuberías hacia el sembrío cada vez que se produce una disminución de la humedad en el terreno del cultivo; para la comunicación de los subsistemas se utilizan dispositivos inalámbricos conectados todos entre sí formando una red malla; para la energización de los componentes se utilizan celdas fotovoltaicas, que permiten al sistema se auto sustente con energía solar, además el sistema general se complementa con un subsistema de control que a través de un programa de escritorio, permite visualizar los datos obtenidos por los sensores y llevar un registro de la vida útil de los componentes del subsistema de riego, de esta manera se soluciona el problema del exceso de tiempo en el riego manual y se optimiza el uso del agua, esto gracias a un control en tiempo real de todo el sistema.

ABSTRACT

The Leonela farm doesn't have an automated system for watering its cocoa crop, which implies that the employees in each hectare, work 4 hours in the morning for 4 days and water loss occurs because a lack of a device that allows to measure soil moisture and thereby control the amount of water required by each sector, for irrigate the planting whenever necessary.

The objective of this project is focused on providing a system by communication technologies and automated processes that provide an adequate production and development of the cocoa plant, saving time in the irrigation of the crop, an optimization of the underground hydric resource and a reduction of expenses in hiring labor.

For which an automated system has been designed with sensors connected to Arduinos and a data network that communicates the devices located in three sectors within the farm, so, extracting underground water and accumulating it in tanks, can be supplied continuously to a plantation of several hectares, for this we use a subsystem that extracts and stores the water resource, and another that sends the water through pipes to the planting each time there is a decrease in the humidity in the soil of the crop; for the communication of the subsystems, wireless devices are used, all connected to each other forming a network of data; for the energization of the components, photovoltaic cells are used, which allows the system to self-sustain with solar energy, in addition the general system is complemented by a control subsystem that, through a desktop program, allows visualizing the data obtained by the sensors and to carry out a record of the useful life of the components of the irrigation subsystem, in this way the problem of working time in the irrigate is solved and the use of water is optimized, thanks to a real-time control of everything the system.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURA	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
CAPÍTULO 1	1
1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DE LA FINCA LEONELA	1
1.1 Descripción de la finca Leonela.....	1
1.1.1 Datos de territorio de la finca Leonela	1
1.1.2 Distribución y datos de las Plantas de Cacao	2
1.2 Situación actual de la finca Leonela	3
1.3 Justificación y objetivos	3
1.3.1 Justificación.....	3
1.3.2 Objetivo general.....	4
1.3.3 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO 2	6
2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....	6
2.1 Subsistema de almacenamiento de agua	6
2.2 Subsistema de riego.....	7
2.2.1 Forma de riego en la plantación.....	7
2.2.2 Riego por gravedad.....	8
2.2.3 Ubicación del sensor de humedad FC-28 en la plantación	9
2.3 Diseño de la infraestructura de red y visualización de información	10
2.3.1 Red de datos.....	10

2.3.2 Comunicación entre los dispositivos	11
2.3.3 Aplicación para gestión de riego	12
2.3.4 Seguridad del sistema.....	13
2.4 Subsistema de energización	14
2.4.1 Energía fotovoltaica	14
2.4.2 Transporte de energía por cable eléctrico.....	15
2.4.3 Información del poste.....	15
2.4.4 Caja metálica.....	16
CAPÍTULO 3	18
3. DETALLES DE SOLUCION PARA LOS SUBSISTEMAS EN LA FINCA LEONELA.	18
3.1 Funcionamiento del Subsistema de almacenamiento de agua	18
3.1.1 Funcionalidad del sensor de ultrasonido HC-SR04	18
3.1.2 Conexión Arduino y sensor de ultrasonido HC-SR04	19
3.1.3 Código de programación del sensor de ultrasonido	20
3.1.4 Conexión Arduino Bomba Eléctrica.....	22
3.2 Funcionamiento del sensor de humedad	22
3.2.1 Conexión Arduino Electroválvulas.....	24
3.3 Comunicación de los dispositivos de red	25
3.3.1 Análisis de la comunicación entre los dispositivos de comunicación inalámbrica Omnitik U-5HnD.....	25
3.3.2 Cálculo de la zona de Fresnel.....	26
3.3.3 Calculo del FSL (pérfida de la señal en el espacio libre)	27
3.3.4 Tabla de direccionamiento de los dispositivos	29
3.3.5 Detalles de seguridad en la red de la Finca Leonela	30
3.3.6 Configuración de una red Mesh	33
3.3.7 Configuración de VLANs en el Switch Cisco 2960.....	36

3.4 Análisis de la energización de los dispositivos para la solución	39
3.4.1 Abastecimiento por paneles solares para la zona de la plantación.....	39
3.4.2 Abastecimiento de energía para la zona del pozo.....	41
3.5 Presupuesto y plan de trabajo	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
Conclusiones.....	46
Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	50

ABREVIATURAS

AWG:	American Wire Gauge.
CNT:	Corporación Nacional de telecomunicaciones.
DHCP:	Dynamic Host Configuration Protocol.
ESPOL:	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FSL:	Free Space Loss.
FTP:	Foiled Twisted Pair.
HP:	Horse Power
IP:	Internet Protocol.
LAN:	Local Area Network.
MAC:	Media Access Control.
Mbps:	Megabit por Segundo.
M. Eng:	Master of Engineering
MPPT:	Maximum Power Point Tracker.
PVC:	Polyvinyl chloride.
SSID:	Service Set Identifier.
VLAN:	Virtual LAN.
Wi-Fi:	Wireless Fidelity.

SIMBOLOGÍA

A:	Amperio.
cm/us:	cm por microsegundo.
C++:	Lenguaje de programación.
GHz:	Gigahercio.
GND:	Ground.
Hz:	Hercio
IEEE 802.11:	Estándar para redes inalámbricas.
mm:	Milímetro.
m/s:	metro por segundo.
Rx:	Recepción.
Trig:	Trigger.
Tx:	Transmisión.
Vcc:	Voltaje corriente continua.
W:	Watt.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Vista aérea de la finca Leonela.....	1
Figura 1.2. Detalles de las mediciones en la finca Leonela	2
Figura 1.3. Planta de cacao de la finca Leonela.....	3
Figura 2.1. Diagrama completo de la solución	5
Figura 2.2. Diagrama general del subsistema de almacenamiento de agua	7
Figura 2.3. Diagrama de los componentes de riego para el cultivo	8
Figura 2.4. Medidas del desnivel del terreno y trípode	9
Figura 2.5. Diagrama de la distribución de los sensores FC-28 en las 4 hectáreas.....	10
Figura 2.6. Esquema de la solución para la infraestructura de comunicación	11
Figura 2.7. Diagrama de conexión del arduino Enet2 y dispositivo Omnitik U-5HND..	11
Figura 2.8. Inicio de la aplicación.....	12
Figura 2.9. Visualización de los datos obtenidos por los sensores.....	12
Figura 2.10. Detalle de funcionamiento de la bomba y electroválvulas.....	13
Figura 2.11. Fuente de energía fotovoltaica.....	14
Figura 2.12. Fuente de energía para la bomba eléctrica	15
Figura 2.13. Medidas del poste en la finca.....	16
Figura 2.14. Diseño de la caja metálica y componentes en su interior	17
Figura 3.1. Sensor de ultrasonido HC-SR04	18
Figura 3.2. Conexión Arduino Enet2 y sensor HC-SR04	19
Figura 3.3. Código para el sensor de ultrasonido HC-SR04	21
Figura 3.4. Conexión bomba de agua, Relee de 1 canal y Arduino Enet2	22

Figura 3.5. Conexión del sensor de humedad FC-28 con el Arduino Enet2	23
Figura 3.6. Código para el sensor de humedad FC-28.....	24
Figura 3.7. Conexión de Electroválvulas, Relee de 5 canales y Arduino Enet2.....	25
Figura 3.8. Red Mesh formada por los dispositivos inalámbricos	26
Figura 3.9. Diagrama de la zona de Fresnel entre dos dispositivos Omnitik U-5HND..	27
Figura 3.10. Detalle del FSL	29
Figura 3.11. Cambio de contraseña de acceso al dispositivo	31
Figura 3.12. Cambio de contraseña para acceder a la red wifi	31
Figura 3.13. Ocultar el SSID “FINCA_LEONELA”	32
Figura 3.14. Filtro por direcciones MAC address	32
Figura 3.15. Configuración de reservación DHCP	33
Figura 3.16. Reducción del Pool DHCP	33
Figura 3.17. Creación de la conexión de salida de la red Mesh	34
Figura 3.18. Red área local de la red Mesh	34
Figura 3.19. Ocultar la red	35
Figura 3.20. Establecer la conexión entre la red WAN y la red LAN	35
Figura 3.21. Visualización de los dispositivos conectados a la red Mesh	36
Figura 3.22. Configuración básica en el Switch	36
Figura 3.23. Creación de las VLANs en el Switch	37
Figura 3.24. Asignación de puertos a las VLANs	38
Figura 3.25. Configuración de seguridad de puertos	38
Figura 3.26. Gráfica potencia vs tiempo.....	39
Figura 3.27. Gráfica del consumo de energía de los dispositivos en 12 horas.....	40

Figura 3.28. Cable eléctrico flexible #18	42
Figura 3.29. Diagrama de conexión eléctrica desde la casa hasta el pozo.....	43
Figura 3.30 Plan de trabajo del diseño del proyecto.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Cantidad y distribución de los postes en la finca	15
Tabla 3.1. Direccionamiento de los dispositivos inalámbricos y PC.....	30
Tabla 3.2. Direccionamiento de los arduinos.....	30
Tabla 3.3. Políticas para las contraseñas.....	31
Tabla 3.4. Consumo en vatios de los dispositivos en la caja	40
Tabla 3.5. Cálculo de potencia en la batería.....	41
Tabla 3.6. Características del cable eléctrico flexible	42
Tabla 3.7. Presupuesto para el diseño de la solución Parte 1/3.....	43
Tabla 3.7. Presupuesto para el diseño de la solución Parte 2/3.....	44
Tabla 3.7. Presupuesto para el diseño de la solución Parte 3/3.....	45

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES Y PROBLEMÁTICA DE LA FINCA LEONELA

1.1 Descripción de la finca Leonela

La finca Leonela está ubicada en el recinto San Mauricio en el Km. 48 vía al triunfo, cantón de la Provincia del Guayas en la República del Ecuador. La finca se creó hace 10 años y realizó su primera cosecha en el año 2007.

La figura 1.1 muestra una imagen satelital utilizando la aplicación Google Earth de la finca Leonela y las principales zonas donde se diseñó el proyecto.



Figura 1.1 Vista aérea de la finca Leonela

1.1.1 Datos de territorio de la finca Leonela

La finca Leonela posee una dimensión de 240x300 metros, lo que representa un área total de 72.000 m², de esta área se delimitó 4 hectáreas iguales de 40X240 m cada una, las cuales se las utiliza para sembrío de cacao. El pozo del que se extrae el líquido para el riego y que se muestra en la figura 1.1, está ubicado a 236 metros desde la casa de la familia dueña

de la finca y a una distancia de 94 metros de la plantación y a su vez la casa está a una distancia de 86 metros de donde está sembrado el cacao.

La figura 1.2 detalla las distancias que hay entre el pozo de agua, la casa y la plantación de cacao, además muestra la dimensión y ubicación de cada hectárea dentro de la finca.

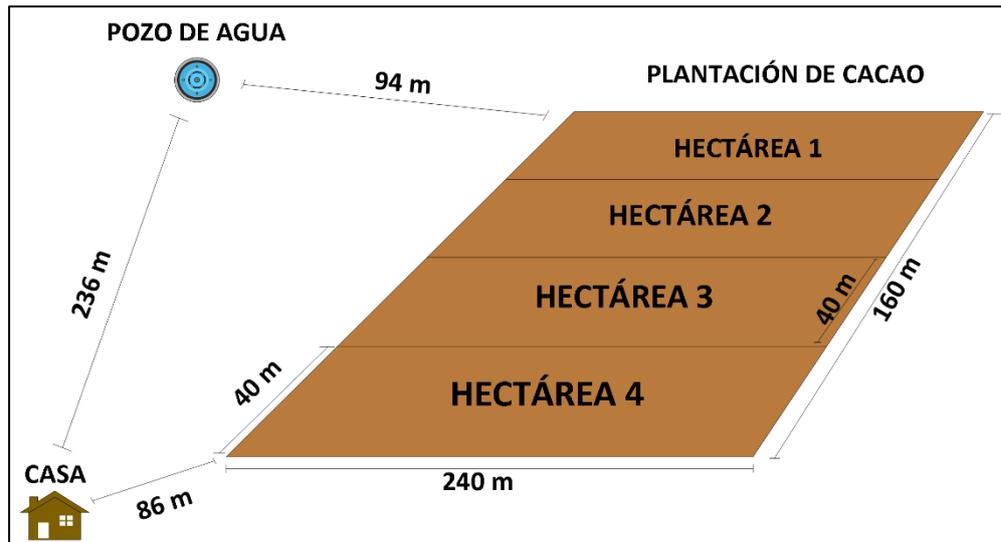


Figura 1.2 Detalle de las mediciones en la finca Leonela

1.1.2 Distribución y datos de las Plantas de Cacao

Las plantas de cacao están distribuidas en 4 hectáreas de sembrío y dan un total de 3600 unidades, cada hectárea con un total de 900 matas separadas entre sí una distancia de 2.8 metros. Con el fin de obtener la mazorca con facilidad y no dañar las ramas, a todos los arbustos según van creciendo se los poda para que su altura alcance entre 1.5 a 1.8 metros.

El promedio de mazorcas que se obtiene de cada planta por año es de 54. Luego de sembrar el cacao transcurren 2 años para obtener la primera cosecha. El riego del cultivo se realiza cada 20 días y cada planta requiere aproximadamente un volumen de 100 litros de agua en cada irrigación.

En la figura 1.3 se visualiza una planta de cacao dentro de la finca Leonela, la cual tiene un tiempo de vida de 3 años, 1 año de producción y aproximadamente con 10 mazorcas listas para cosechar.



Figura 1.3 Planta de cacao de la finca Leonela

1.2 Situación actual de la finca Leonela

Actualmente, el riego en la finca se realiza manualmente lo cual requiere mucho tiempo y sobre esfuerzo de la mano de obra. Otra característica de esta acción son los tiempos del montaje y desmontaje de las tuberías, que se alternan para abastecer de agua a los 4 bloques de sembrío, el tiempo de riego por hectárea es de 4 días y demanda de 3 a 4 horas diarias durante la mañana. Hay que mencionar también, que no cuenta con un sistema de almacenamiento de agua, lo cual exige el uso de una bomba durante todo el proceso de irrigación y que es supervisada por un empleado.

1.3 Justificación y objetivos

1.3.1 Justificación

La finca Leonela dedicada al cultivo, producción y venta de cacao tiene un funcionamiento de manera manual, el cual no permite la optimización tanto de los recursos humanos como del agua, por lo cual es conveniente diseñar

una alternativa de riego por aspersión que este mecanizado, lo que brindara los siguientes beneficios:

- Desarrollo adecuado de la planta.
- Evitar el agotamiento de agua subterránea que es un recurso natural.
- Ahorro de tiempo en las actividades de los empleados.
- Optimización del agua al regar la plantación.

1.3.2 Objetivo general

Diseñar un sistema de riego automatizado para una plantación de cacao, optimizando el uso de la mano de obra y del agua.

1.3.3 Objetivos específicos

- Satisfacer el consumo de agua de cada planta por hectárea, mediante la respectiva programación del sistema automatizado.
- Estimar el consumo de agua por cada sesión de riego a fin de prevenir la potencial escases.
- Llevar un registro de la humedad del suelo y del reservorio de agua para el control del riego.

CAPÍTULO 2

2. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

La solución del proyecto está formada por 4 subsistemas que trabajan en conjunto mediante una serie de procesos ordenados y automatizados que además, genera su propia energía para el autoconsumo de los dispositivos. El sistema general empieza realizando la extracción y almacenamiento del recurso hídrico, luego a través de electroválvulas y tuberías se traslada el líquido subterráneo desde el reservorio hacia el cultivo. La infraestructura de comunicación es a través de una red cableada e inalámbrica, que mediante una aplicación muestra la información producida por los sensores y componentes de riego.

La figura 2.1 muestra de forma general la ubicación de los subsistemas del diseño de la solución.

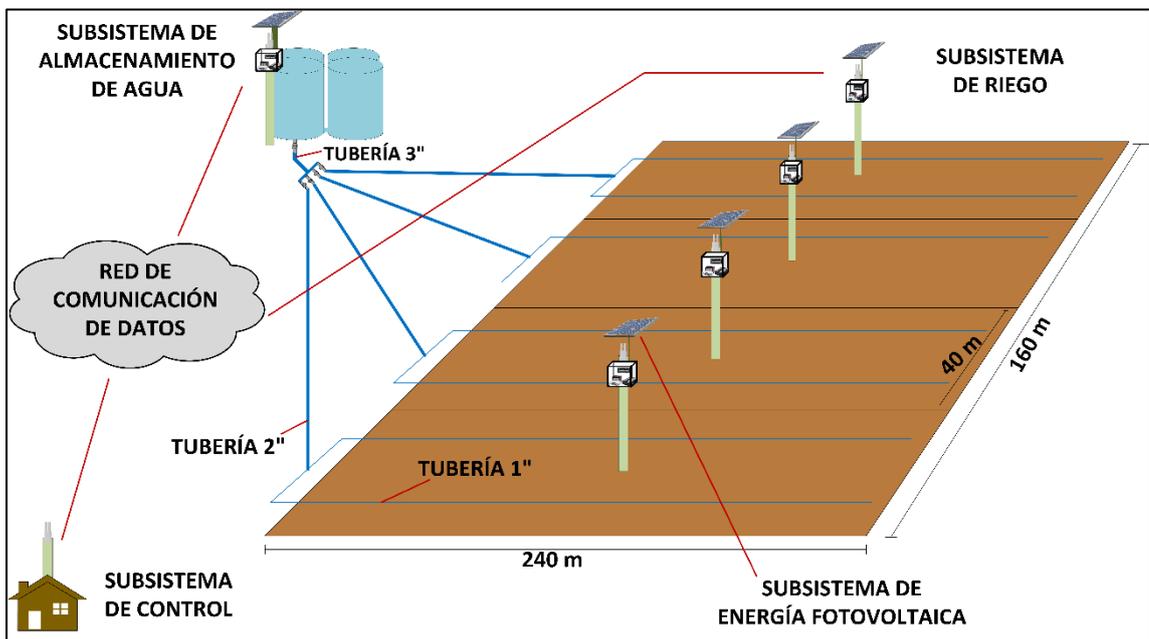


Figura 2.1 Diagrama completo de la solución

2.1 Subsistema de almacenamiento de agua

Este subsistema se ubica a una distancia de 236 metros desde la casa y 94 de la plantación, aquí se encuentra el pozo que es el lugar de donde se extrae el recurso hídrico y está a pocos metros del reservorio formado por los tanques donde se

almacena el recurso subterráneo utilizado para el cultivo. La extracción del líquido se realiza con una bomba eléctrica conectada por un tubo al pozo y a los tanques de almacenamiento.

Para el encendido y apagado del artefacto de extracción de agua se usa un sensor que constantemente está evaluando el nivel del fluido almacenado y cuyo consumo depende del grado de humedad del terreno en el sembrío. Uno de los tanques, tiene conectado un sistema de electroválvulas y tuberías para llevar el agua hacia cada hectárea.

Los procesos que realizan la extracción, almacenamiento y riego del agua son programados en un Arduino principal con un lenguaje de programación en C++, este Arduino en conjunto con otros dispositivos es el que se encarga de controlar y automatizar dichos procesos. La forma de energizar los dispositivos para el riego excepto la bomba se produce a través de un subsistema fotovoltaico, que genera y almacena la suficiente energía para 48 horas en ausencia de energía solar. La energización de la bomba se efectúa a través de una conexión eléctrica desde un UPS (*del inglés "Uninterruptible Power Supply"*) situado en la casa.

Como se visualiza en la Figura 2.2, este subsistema tiene los siguientes componentes:

- 4 tanques de 25.000 litros conectados en serie.
- Una bomba eléctrica de agua de 1 HP (*del inglés "Horse Power"*).
- Sensor de ultrasonido HC-SR04.
- Electroválvula Rain Bird de 2 y 3 pulgadas.
- Placa Arduino Enet2.
- Módulos Relee/Relay de 1 y 5 canales.
- Tuberías de ½, 1, 2 y 3 pulgadas.

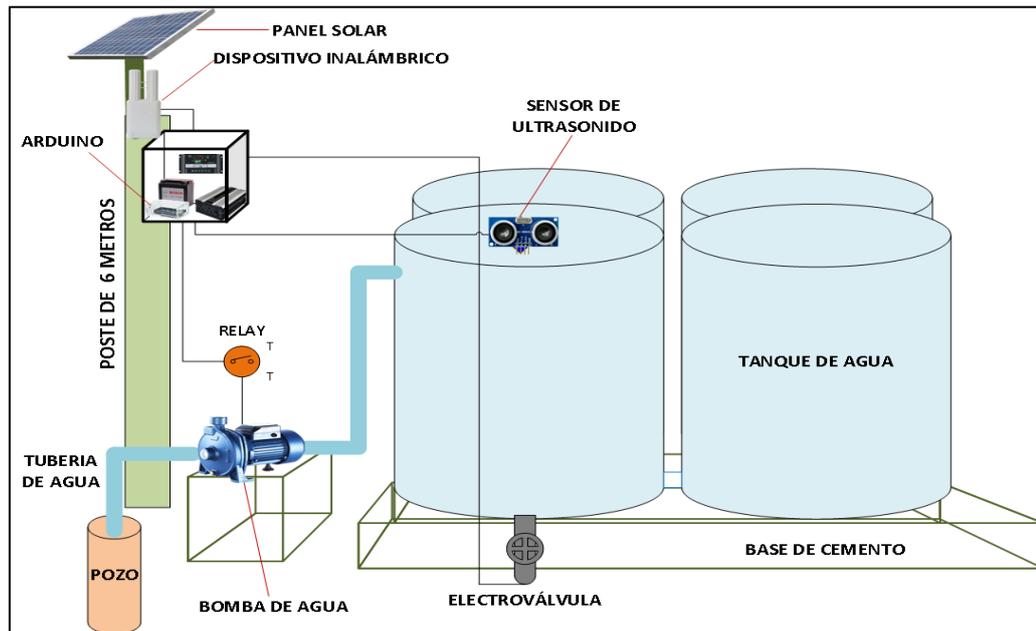


Figura 2.2 Diagrama general del subsistema del almacenamiento de agua

2.2 Subsistema de riego

2.2.1 Forma de riego en la plantación

Para proporcionar un adecuado riego en el cultivo se ha diseñado una estructura de tuberías que van desde el almacenamiento del agua en los tanques hasta el lugar del cultivo.

La primera cañería utilizada es de 3 pulgadas, la cual se conecta a la electroválvula maestra y termina hasta conectar con las 4 electroválvulas que se distribuyen hacia cada hectárea. Luego de eso se conectan tuberías de 2" las mismas que llegan hasta el inicio de cada hectárea y por último se tienen las tuberías de 1" que se utilizan para el riego en la plantación.

El alcance de riego del aspersor de 1/2" es de 15 metros a la redonda, lo cual quiere decir que cada aspersor riega aproximadamente 50 plantas. Por cada hectárea tenemos dos líneas de tuberías (ver Figura 2.1), en donde van a estar distribuidos los aspersores a una distancia de 20 metros cada uno, cada línea de tubería tendrá 12 aspersores obteniendo un total de 24 por hectárea y 96 por el total del sembrío.

La Figura 2.3 muestra los componentes utilizados, entre estos están las electroválvulas que automatizan el riego, las tuberías PVC (*del inglés "Polyvinyl chloride"*) distribuidas por todo el terreno del sembrío y también están los aspersores, los cuales realizan el riego en la plantación.

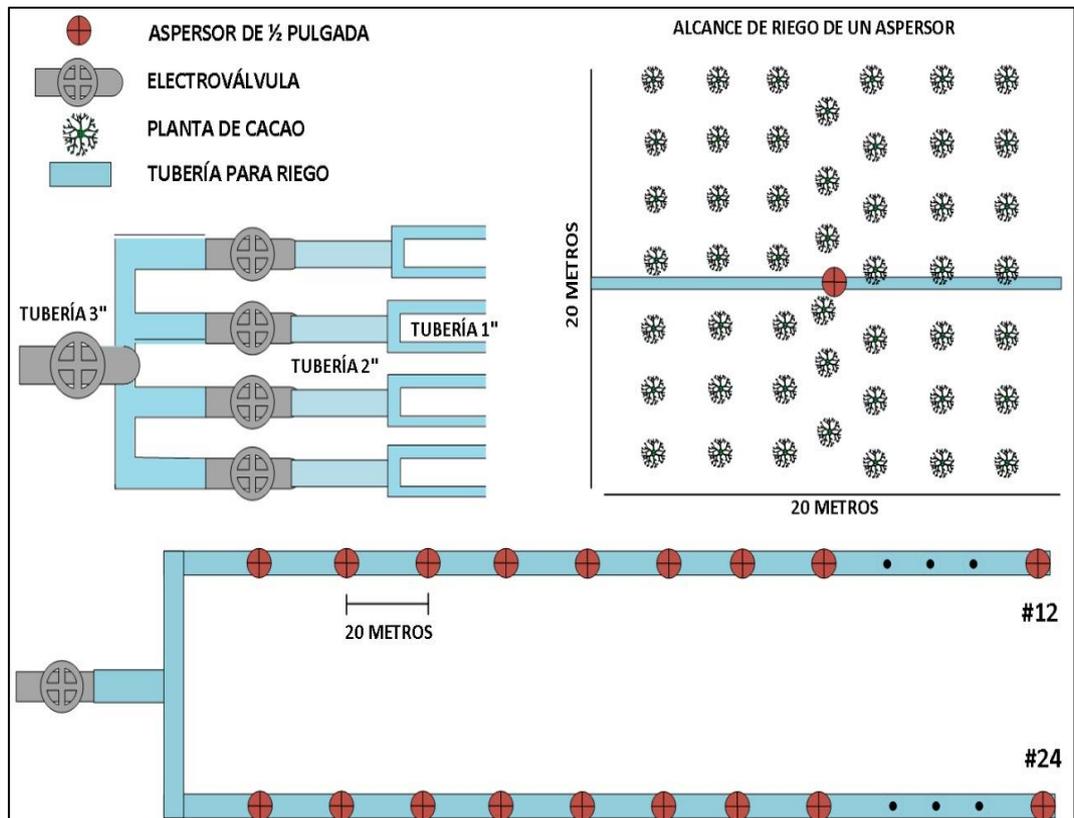


Figura 2.3 Diagrama de los componentes de riego para el cultivo

2.2.2 Riego por gravedad

Los tanques utilizados para el almacenamiento tienen 25.000 litros de capacidad, 3 metros de diámetro, 3.9 metros de altura y están sobre una base de cemento de 1 metro de elevación además, a esta distancia hay que añadirle 2 metros que hay en el desnivel del terreno entre la ubicación de los tanques y la plantación, alcanzando un total de 3 metros por tal razón se eligió que el riego va ser por gravedad.

Para el riego de las plantas en el terreno, se utilizan aspersores de ½" los cuales están conectados encima de la tubería de ½" y 1.5 metros de longitud. Dicha tubería está sujeta por un trípode metálico.

La Figura 2.4 nos detalla las distancias del desnivel del terreno, tanques, base de cemento y trípode.

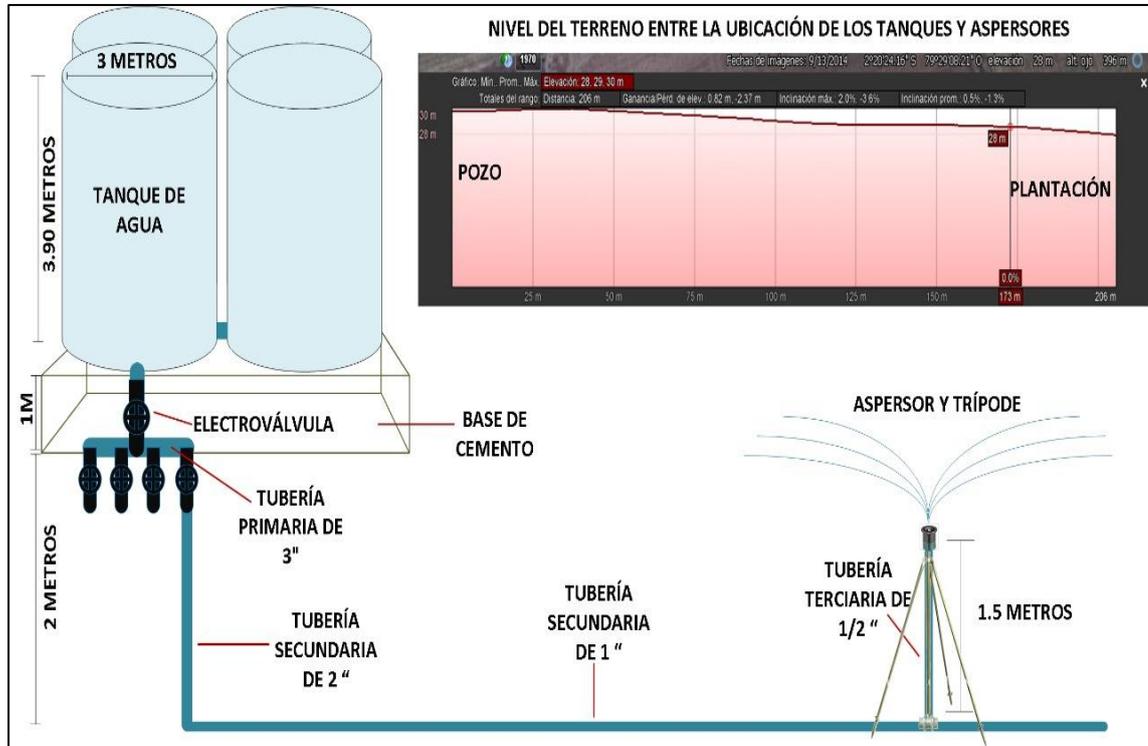


Figura 2.4 Medidas del desnivel del terreno y trípode

2.2.3 Ubicación del sensor de humedad FC-28 en la plantación

El sistema está automatizado de tal manera que todo el tiempo las plantas estén en un terreno con el porcentaje adecuado de humedad, el cual ayuda a la planta a desarrollarse y a producir de manera óptima. El sensor FC-28 es el que monitorea la humedad del suelo constantemente y regula la cantidad de agua que necesitan las plantas además, están ubicados junto a cada poste y a $\frac{1}{2}$ metro debajo de la superficie.

En la Figura 2.5 se muestra las cuatro hectáreas de cacao con sus medidas, la ubicación de los postes y los sensores de humedad de suelo FC-28 que están distribuidos en toda la plantación.

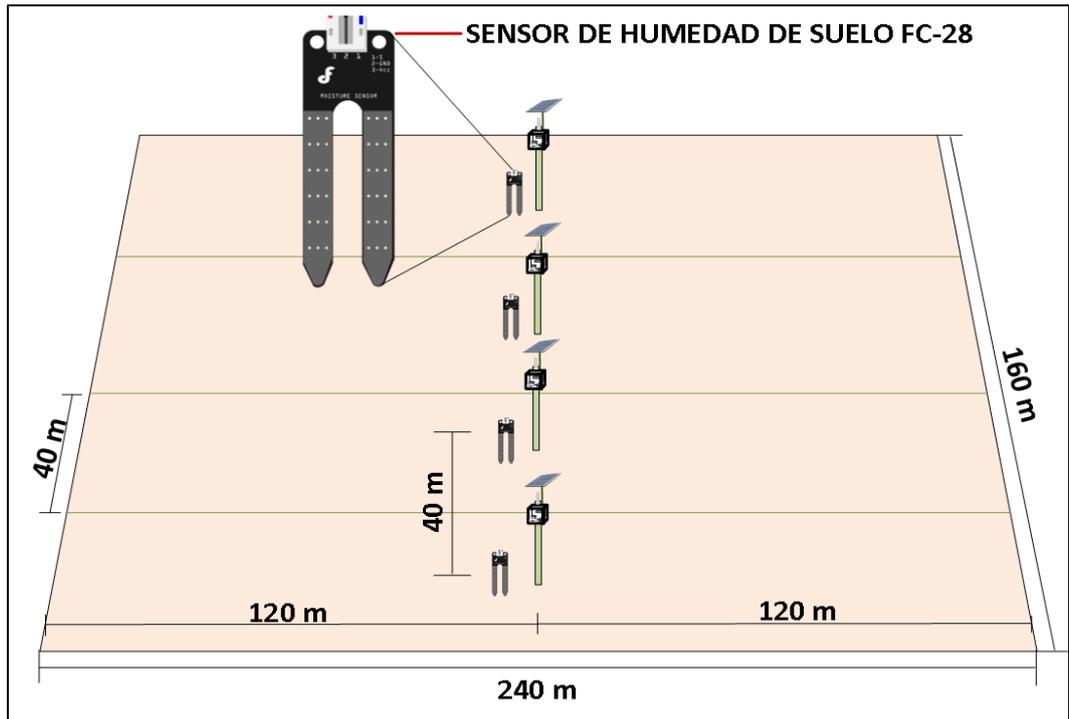


Figura 2.5 Diagrama de la distribución de los sensores FC-28 en las 4 hectáreas

2.3 Diseño de la infraestructura de red y visualización de información

El diseño de la infraestructura de red que hace la recopilación y presentación de la data, está distribuido en tres lugares dentro de la finca, estos lugares están comunicados por dispositivos inalámbricos que reenvían los datos dentro del sistema. Mientras que la gestión de la información está dada por una aplicación instalada en un computador de escritorio, que permite al usuario verificar y llevar un control de los procesos y vida útil de los sensores, bomba eléctrica y electroválvulas.

2.3.1 Red de datos

La comunicación se realiza mediante dispositivos inalámbricos que a su vez están conectados a todos los componentes y demás dispositivos que conforman el subsistema de comunicación, de esta manera la información se reenvía de un punto a otro dentro de la finca.

Para que no haya interferencia entre los enlaces, se colocó los puntos de acceso sobre postes de madera para proveer una adecuada línea de vista y una buena comunicación.

En la figura 2.6 se muestra el diagrama de comunicación con su respectiva subnet, que es la 192.168.1.0/27. Como se puede visualizar, los enlaces inalámbricos tienen una capacidad de transmisión de 54 Mbps (*del inglés “megabits por segundo”*) y un direccionamiento IP (*del inglés “Internet Protocol”*).

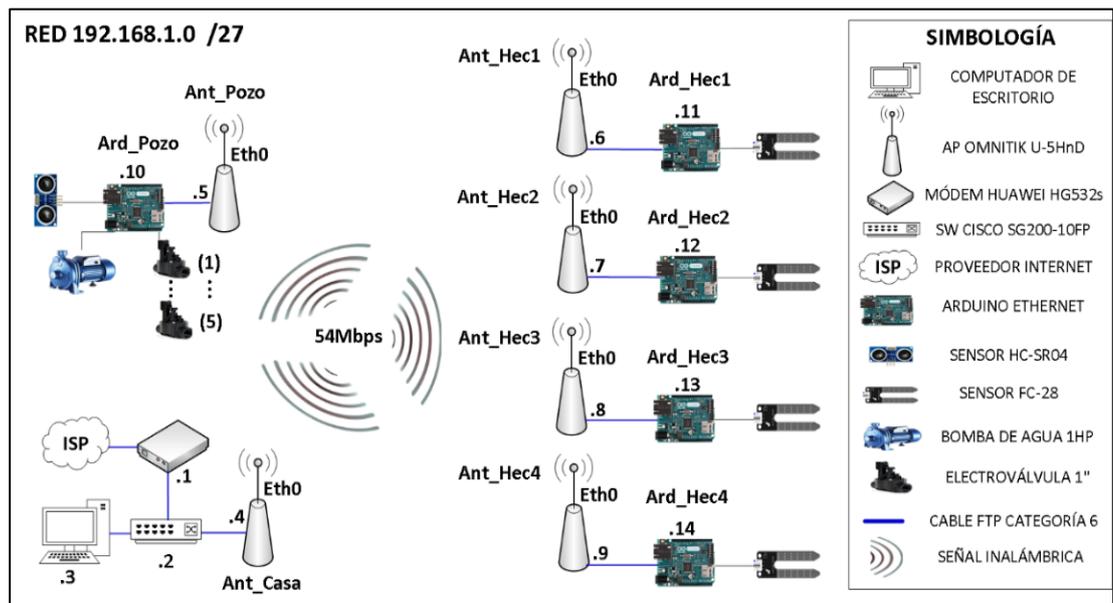


Figura 2.6 Esquema de la solución para la infraestructura de comunicación

2.3.2 Comunicación entre los dispositivos

Para el diseño de la solución del subsistema de comunicación, se usan placas Arduinos para enviar y recibir información de los componentes de llenado de los tanques y medición de la humedad, de esta manera estos dispositivos están conectados directamente a la red inalámbrica de datos.

La Figura 2.7 muestra un Arduino Enet 2 conectado con el dispositivo inalámbrico Omnitik U-5HND.

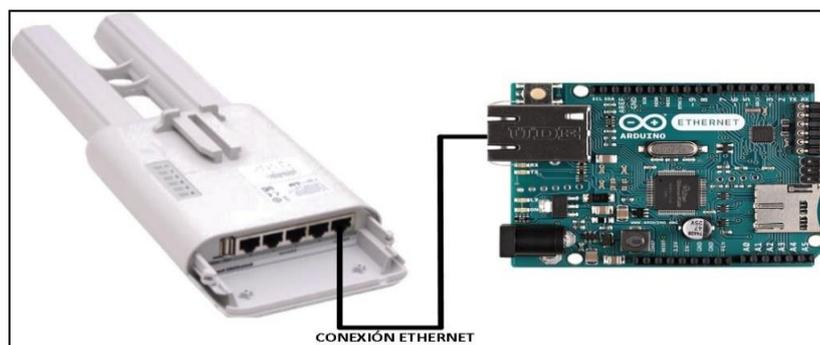


Figura 2.7 Diagrama de conexión del Arduino Enet2 y dispositivo Omnitik U-5HND

2.3.3 Aplicación para gestión de riego

Permite visualizar la información recopilada por los sensores y llevar un registro de la vida útil de los componentes de riego, de esta manera todo el tiempo se tiene acceso a la información del nivel de agua en los tanques, el porcentaje de humedad en el suelo del cultivo y la información de la vida útil de los componentes antes mencionados.

La Figura 2.8 muestra cómo se observa la página de inicio de la aplicación utilizando el sistema operativo Windows 10.

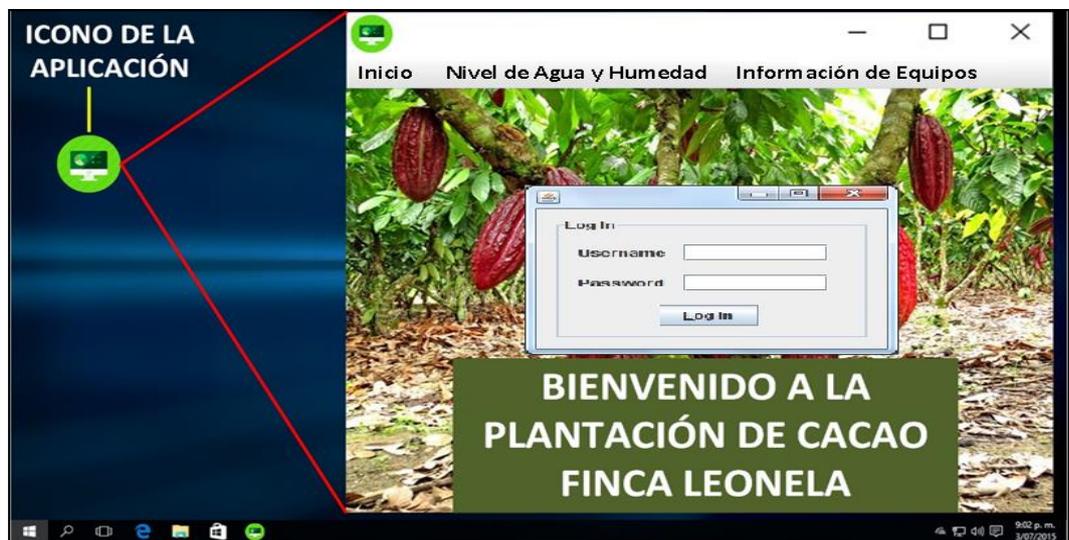


Figura 2.8 Inicio de la aplicación.

En la Figura 2.9 se muestra como el usuario final cada vez que lo requiera, pueda visualizar mediante la aplicación el nivel de agua almacenada y además saber cuál es el porcentaje de humedad del suelo por cada hectárea.

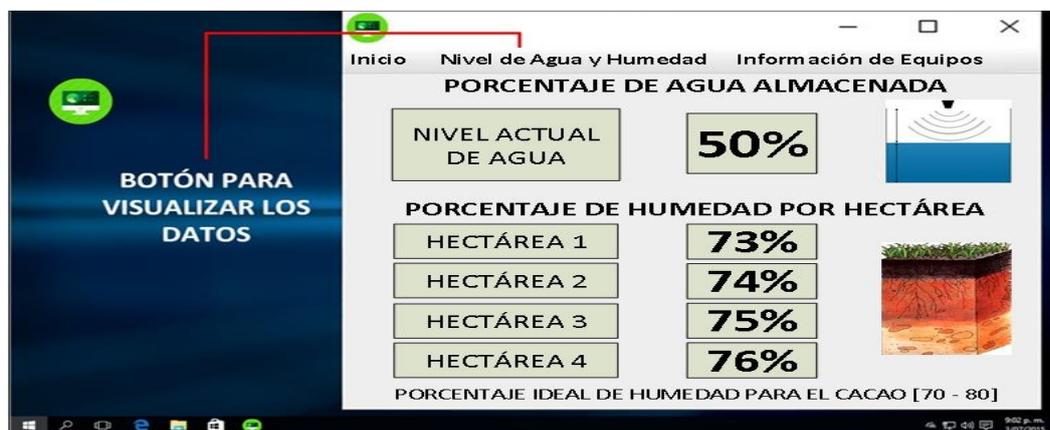


Figura 2.9 Visualización de los datos obtenidos por los sensores.

La figura 2.10 detalla cómo se lleva el control de la vida útil de la bomba de agua y de cada una de las electroválvulas para su respectivo mantenimiento además, se puede visualizar el tiempo en horas del funcionamiento de cada electroválvula como también la conmutación de cada una de ellas, así mismo se observa el número de veces que se enciende la bomba para llenar los tanques.

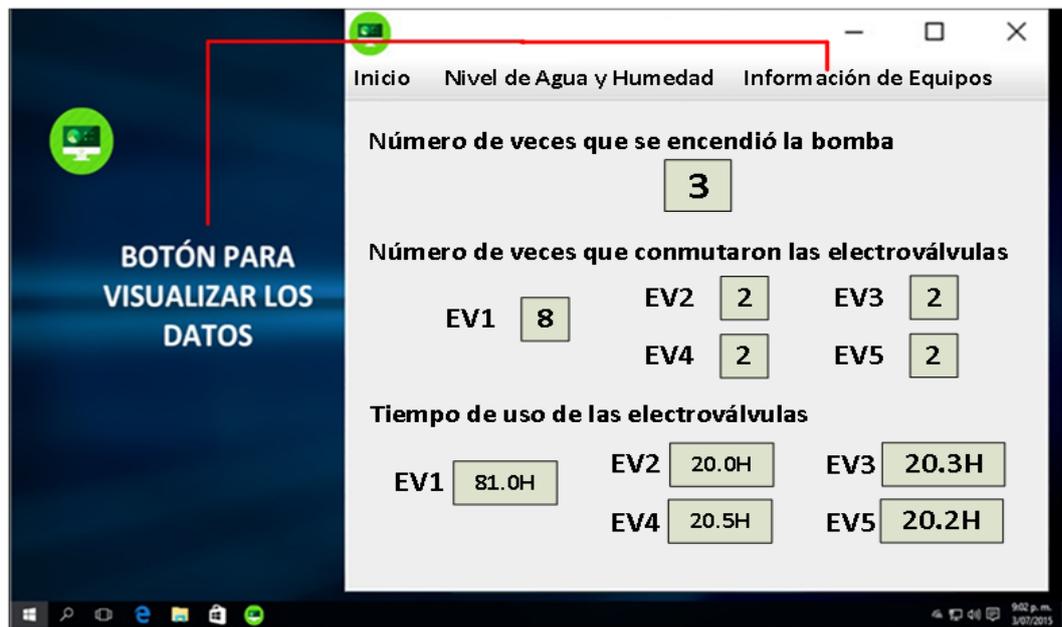


Figura 2.10 Detalle de funcionamiento de la bomba y electroválvulas

2.3.4 Seguridad del sistema

En la seguridad de la red de este diseño, se ha configurado los dispositivos inalámbricos que permiten la comunicación entre los distintos componentes del sistema. Las medidas de seguridad tales como políticas para el uso de contraseña, creación de VLANs (*del inglés "Virtual Local Address Network"*), reducir el pool DHCP (*del inglés "Dynamic Host Configuration Protocol"*), ocultar la red etc. Estos métodos de seguridad tienen como objetivo bloquear las intrusiones de personas sin autorización, evitar la alteración de las configuraciones en los dispositivos e impedir que amenazas como software malicioso impidan el normal funcionamiento del sistema.

2.4 Subsistema de energización

Para el diseño de la solución que tiene que ver con la provisión de energía de los equipos, se tienen dos abastecimientos:

- Energía fotovoltaica.
- Transporte de energía por cable eléctrico.

2.4.1 Energía fotovoltaica

La alimentación de energía para los equipos que están dentro de la caja metálica y los dispositivos inalámbricos ubicados en los postes, será mediante energía fotovoltaica y tiene los siguientes componentes:

- Panel solar Victron de 50 W (*del inglés "Watts"*).
- Controlador MPPT (*del inglés "Maximum Power Point Tracker"*) de 20 A (*del inglés "Ampere"*).
- Inversor de voltaje.
- Batería Bosch M4 DE 600 W.

La figura 2.11 muestra el diagrama de los componentes para la energización por energía fotovoltaica.

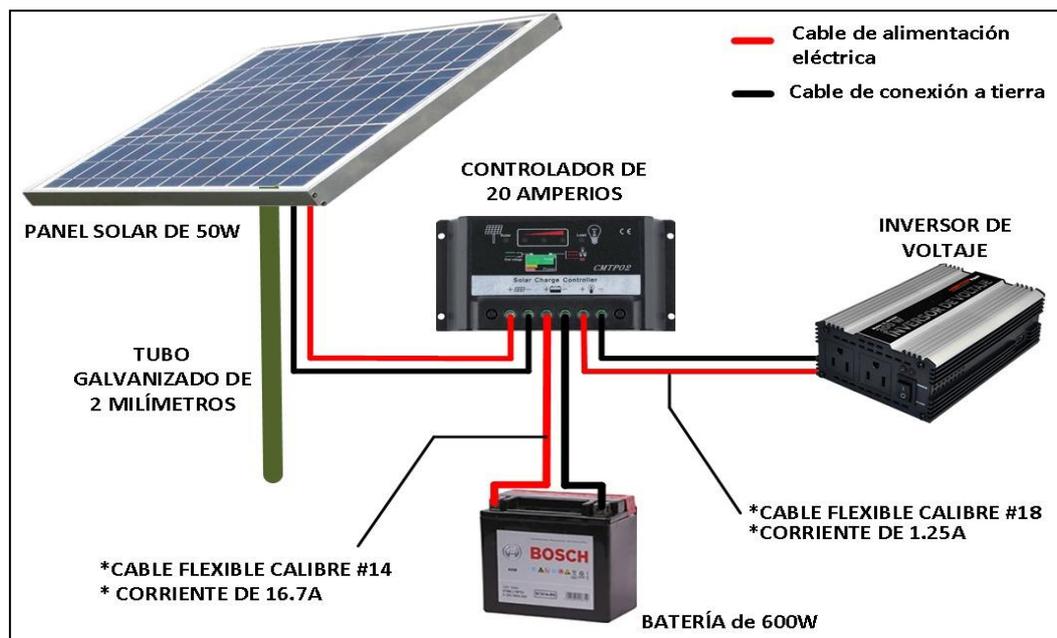


Figura 2.11 Fuente de energía Fotovoltaica

2.4.2 Transporte de energía por cable eléctrico

La alimentación de energía para la bomba eléctrica ubicada en el sector del pozo, es mediante un cable eléctrico flexible #18 que esta cableado desde la casa, dicho cable esta introducido en un tubo PVC de característica pesado y está enterrado 50 centímetros por debajo de la superficie del terreno.

La Figura 2.12 detalla la conexión por medio del cable eléctrico que energiza a la bomba de agua.

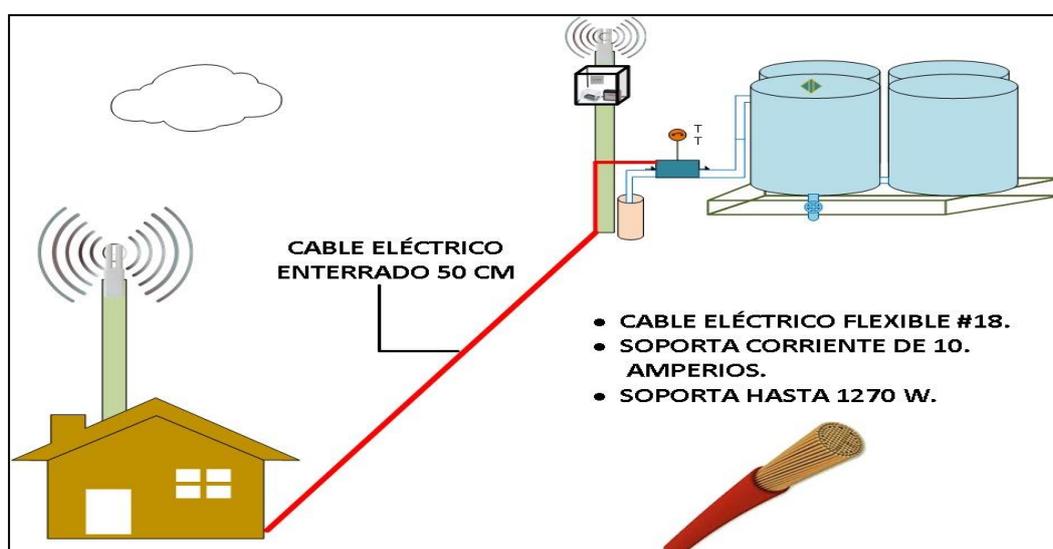


Figura 2.12 Fuente de energía para la bomba eléctrica

2.4.3 Información del poste

En la finca Leonela se instalarán 6 postes los cuales están distribuidos de la siguiente manera como se muestra en la tabla 3:

DESCRIPCIÓN (UBICACIÓN DONDE ESTÁN LOS POSTES)	CANTIDAD INDIVIDUAL DE LOS POSTES POR UBICACIÓN	TOTAL POR DESCRIPCIÓN (POSTES)
4 hectáreas de cacao	1	4
1 pozo	1	1
1 casa	1	1
	TOTAL DE POSTES	6

Tabla 2.1 Cantidad y distribución de los postes en la finca

Los postes distribuidos en la finca tienen una altura de 6 metros, los mismos que están enterrados 1 metro. En la parte superior de cada poste se ubica un dispositivo inalámbrico Omnitik U-5HND, cinco de los seis postes tienen un tubo galvanizado de 1" y 1 metro de longitud en donde se sujeta el panel solar de 50W.

La Figura 2.13 muestra el poste que se utiliza para la solución con sus medidas.

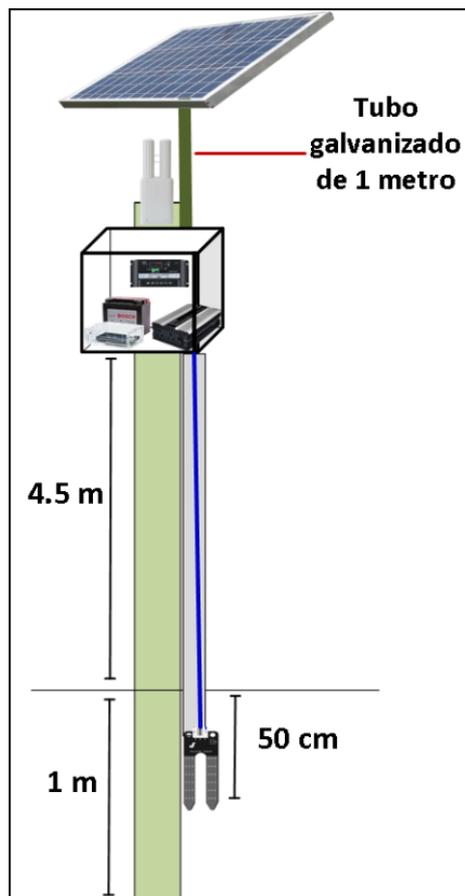


Figura 2.13 Medidas del poste en la finca

2.4.4 Caja metálica

La caja está ubicada a una altura de 4.5 metros desde el suelo, constituida de metal y diseñada con dimensiones de (30x30x20) centímetros, para que contenga los elementos que se detalla a continuación:

- Batería Bosch M4 022.
- Placa Arduino Enet2.

- Controlador MPPT para panel solar de 20 A.
- Inversor Master EL-INV300W.

La Figura 2.14 detalla las medidas de la caja metálica diseñada y los componentes que tiene en su interior.

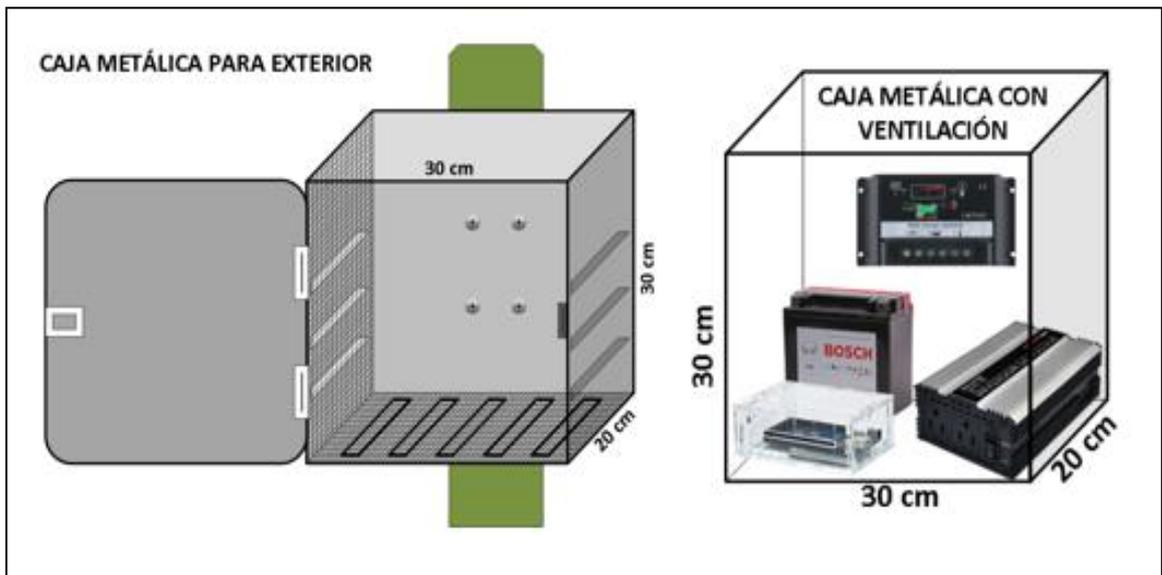


Figura 2.14 Diseño de la caja metálica y componentes en su interior

CAPITULO 3

3. DETALLES DE SOLUCION PARA LOS SUBSISTEMAS EN LA FINCA LEONELA.

3.1 Funcionamiento del Subsistema de almacenamiento de agua

En esta fase del diseño se detalla el funcionamiento de los dispositivos que realizan la extracción y almacenamiento del agua requerida para el riego de la plantación.

3.1.1 Funcionalidad del sensor de ultrasonido HC-SR04

El sensor ultrasónico evalúa constantemente el nivel de agua en los tanques, para todo el tiempo tener almacenada la cantidad suficiente del recurso subterráneo que permita un correcto funcionamiento del sistema de riego. La ubicación del sensor es en la parte superior de uno de los tanques del reservorio, con posición mirando hacia abajo y paralelo a la superficie del agua, de esta manera las ondas emitidas por el cilindro emisor del sensor chocan perpendicularmente a la superficie del líquido.

La siguiente figura 3.1 muestra como es el sensor de ultrasonido de manera frontal, se pueden observar los pines de conexión y los dos cilindros ubicados paralelamente que actúan como emisor y receptor.



Figura 3.1 Sensor de ultrasonido HC-SR04

3.1.2 Conexión Arduino y sensor de ultrasonido HC-SR04

El sensor HC-SR04 está conectado con la placa de Arduino Enet2, esta conexión se la visualiza en la Figura 3.2 y las conexiones se detallan a continuación:

- Pin Vcc (del inglés "Voltage Continuous Current") conectado al Pin 5v.
- Pin GND (del inglés "Ground") conectado al Pin GND.
- Pin Trig conectado al Pin 4.
- Pin Echo conectado al Pin 2.

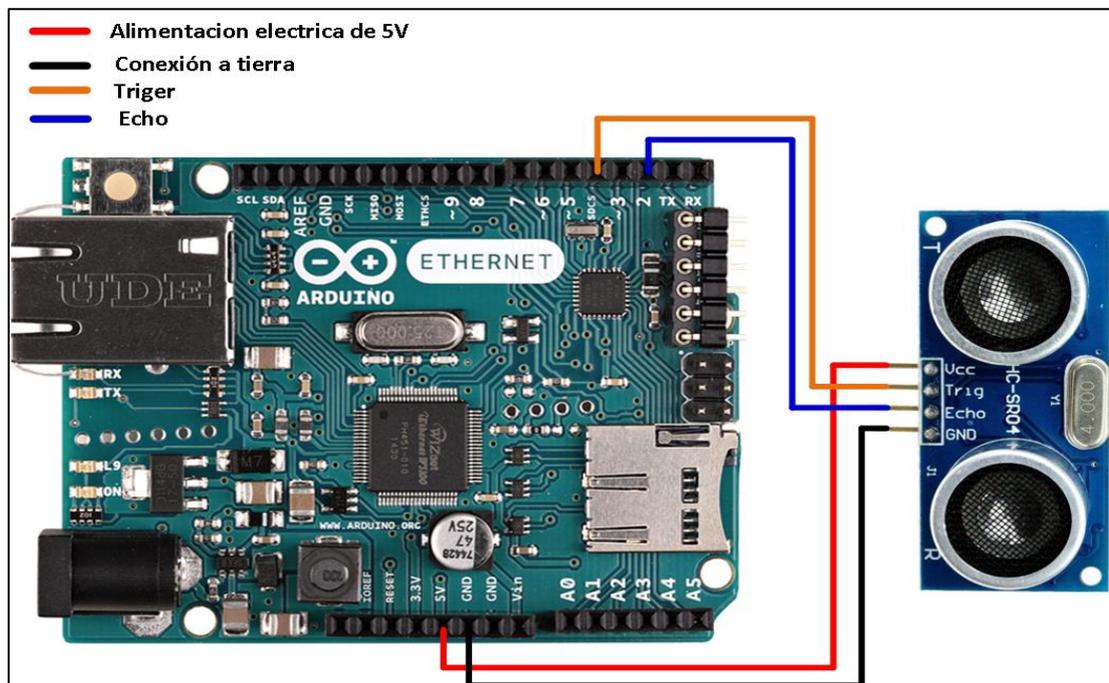


Figura 3.2 Conexión Arduino Enet2 y sensor HC-SR04

El pin Vcc es por donde es energizado el sensor de ultrasonido, el pin GND es la conexión a tierra, Trig es el que envía la señal para calcular la distancia hasta el agua en los tanques y por último el pin Echo es el que recibe la señal emitida por el Trig.

La forma de actuar del sensor HC-SR04 es que, por uno de sus dos cilindros ubicados paralelamente, dispara una señal ultrasónica hacia la superficie del agua, la misma que rebota en el líquido, regresa al sensor y es recibida por el otro cilindro. El tiempo que la onda demora en regresar es dividido para dos, porque el microcontrolador del Arduino mide la suma

de los intervalos de tiempo de bajada más el de subida, siendo este valor el que se usa para calcular el nivel del fluido.

Para obtener la distancia que representa el nivel de agua en los tanques, se utiliza como constante la velocidad del sonido que es de $340 \frac{m}{s}$. Para el cálculo debemos utilizar la ecuación (3.1) que relaciona la velocidad, la distancia y el tiempo.

$$D = VT \tag{3.1}$$

Se convierte la velocidad del sonido que es 340 m/s en otras unidades que serán $\frac{cm}{us}$, siendo equivalente a 0.034 cm/us. Finalmente, con el nuevo valor de la constante y con el valor del tiempo en microsegundos obtenido del sensor ultrasónico, se realiza el cálculo de la distancia del agua en los tanques.

$$D = 0.034cm/us \left(\frac{\text{tiempo}}{2} \right) \quad \longrightarrow \quad D = 0.017cm/us(\text{tiempo})$$

3.1.3 Código de programación del sensor de ultrasonido

Con la ayuda del software libre y librerías de Arduino, se insertaron las líneas de código utilizadas para que el sensor tome las respectivas mediciones acerca del nivel de agua en los tanques. Este código se muestra a continuación en la Figura 3.3.

```
codigo_sensor_ultrasonido Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

codigo_sensor_ultrasonido $
long distancia_tanque
long tiempo
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(4, OUTPUT); /* PIN 4 COMO SALIDA EL DISPARADOR DEL PULSO ULTRASÓNICO.*/
  pinMode(2, INPUT); /* PIN2 COMO ENTRADA EL ECHO.*/
}

void loop() {
  digitalWrite(4, LOW);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(4, HIGH); /*ENVIO DE LA SEÑAL DE ULTRASONIDO.*/
  delayMicroseconds(10);
  tiempo=pulseIn(2, HIGH); /*MEDIR EL TIEMPO DESDE EL DISPARADOR HACIA EL ECHO.*/
  distancia_tanque= int(0.017*tiempo); /*FORMULA PARA CALCULAR LA DISTANCIA.*/
  Serial.println("EL NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE ES DE: ");
  Serial.print(distancia_tanque);
  Serial.print("CM");
  delay(1000);
}
```

Figura 3.3 Código para el sensor de ultrasonido HC-SR04

Las dos primeras líneas del código de la figura 3.3 muestra cómo se declaran las variables que en este caso serían “*distancia_tanque*” y “*tiempo*”, la siguiente línea “*Serial.begin(9600)*”, fija la velocidad para la comunicación con el ordenador, comúnmente ese valor es 9600 baudios. Las dos siguientes líneas de código indican los pines que serán de salida y entrada. Para nuestro programa sería el pin 4 el de salida y el pin 2 el de entrada. Las líneas “*digitalWrite(4, LOW)*” y “*delayMicrosecond(5)*” trabajan en conjunto para mantener durante 5 microsegundos al pin 4 sin enviar ningún pulso.

Algo parecido sucede con las dos siguientes instrucciones en el código, pero con la diferencia que la señal de ultrasonido se mantiene por 10 microsegundos. Una vez que el pin 2 detecta una señal en alto, se guarda ese valor en la variable que declaramos al comienzo del código que es el “*tiempo*”, posterior a eso se aplica la fórmula antes deducida y le asignamos ese valor a nuestra variable “*distancia_tanque*” y por ultimo imprimimos nuestro resultado con ayuda del comando “*Serial.println(distancia_tanque)*”.

3.1.4 Conexión Arduino Bomba Eléctrica

Para la extracción de agua se emplea una bomba eléctrica conectada a un Arduino y a un relay de un canal, este último es el que comunica a los otros dos dispositivos y es el encargado de abrir o cerrar el circuito eléctrico para que la bomba funcione.

Es importante mencionar que el relay sirve para separar las tenciones entre la corriente alterna de la bomba y la corriente directa del Arduino. La comunicación del subsistema es digital por medio del pin 3 del Arduino. La bomba se energiza con corriente alterna de 110 V (*del inglés "Voltage"*), mientras que el relay usa la alimentación de 5 voltios y la conexión a tierra del Arduino.

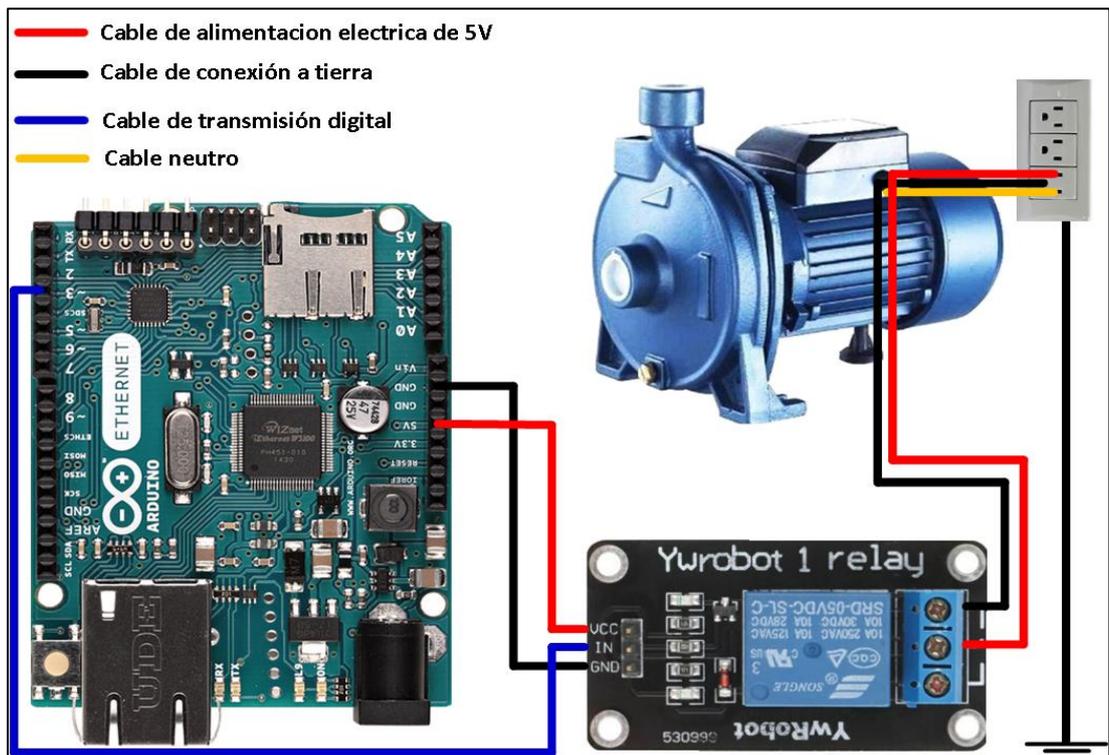


Figura 3.4 Conexión bomba de agua, relee de 1 canal y Arduino Enet2

3.2 Funcionamiento del sensor de humedad

Para la solución del sistema se usa el sensor FC-28 que mide la humedad del suelo, este sensor va conectado y programado en los Arduinos Enet2 ubicados en cada hectárea de cultivo, usan una forma de comunicación analógica y su funcionamiento se basa en medir la humedad del terreno debido a la variación de la conductividad producida en la tierra.

La señal de que el sembrío necesita agua se activa cuando el rango de lectura propio del sensor da un valor menor a 207 y vuelve a enviar una señal de aviso que ya hay suficiente humedad cuando la lectura supera el umbral de 315. Las lecturas que emite el sensor van desde 0 sumergido en agua a 1023 en el aire, pero para el cacao las mediciones ideales para un normal desarrollo de la planta son de 207 a 315.

La figura 3.5 muestra el Arduino Enet2 y el sensor de humedad de suelo conectados mediante los cables de energía, de tal manera que se comunican por medio de una señal analógica.

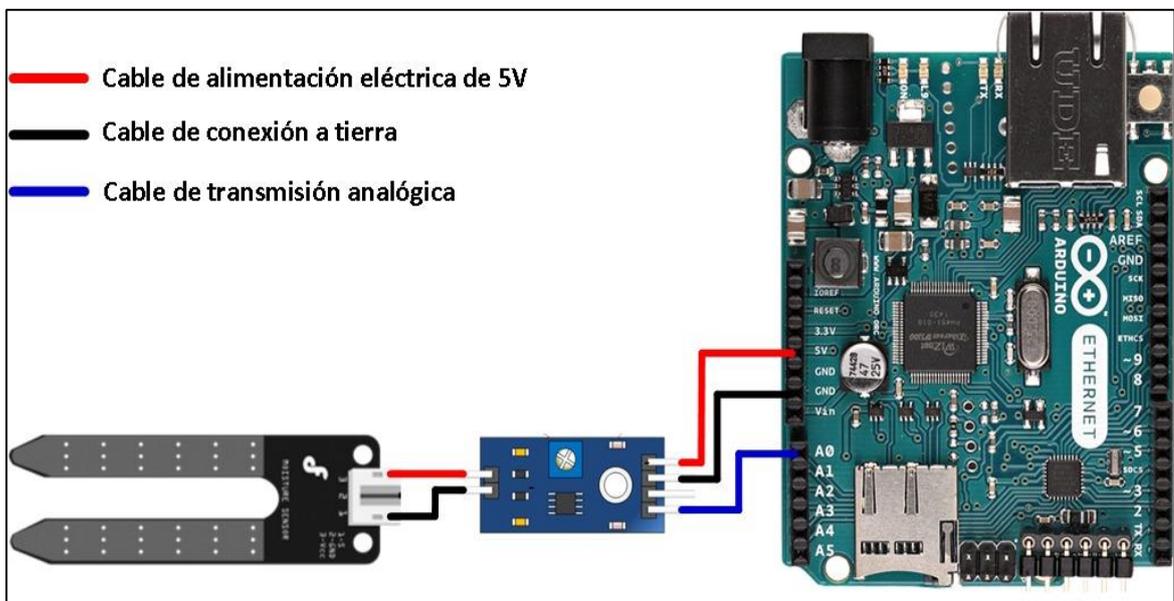
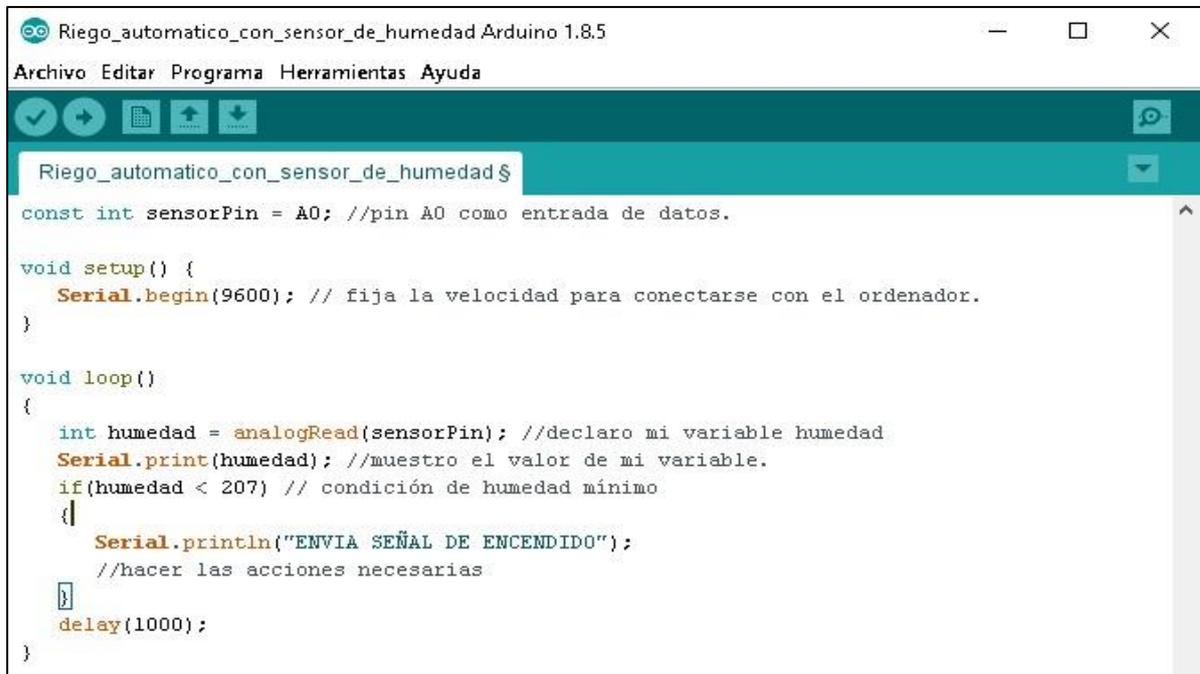


Figura 3.5 Conexión del sensor de humedad FC-28 con el Arduino Enet2

La figura 3.6 muestra el código introducido en el Arduino para que el sensor FC-28 realice las mediciones de humedad en el suelo de la plantación.

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Riego_automatgico_con_sensor_de_humedad Arduino 1.8.5". The menu bar includes "Archivo", "Editar", "Programa", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar contains icons for a checkmark, a right arrow, a document, an upload arrow, a download arrow, and a play button. The main text area contains the following C++ code:

```
Riego_automatgico_con_sensor_de_humedad $
const int sensorPin = A0; //pin A0 como entrada de datos.

void setup() {
  Serial.begin(9600); // fija la velocidad para conectarse con el ordenador.
}

void loop()
{
  int humedad = analogRead(sensorPin); //declaro mi variable humedad
  Serial.print(humedad); //muestro el valor de mi variable.
  if(humedad < 207) // condición de humedad mínimo
  {
    Serial.println("ENVIA SEÑAL DE ENCENDIDO");
    //hacer las acciones necesarias
  }
  delay(1000);
}
```

Figura 3.6 Código para el sensor de humedad FC-28

3.2.1 Conexión Arduino Electroválvulas

El sistema de riego usa cinco electroválvulas que están conectadas a un Arduino mediante un relay de cinco canales, la comunicación es por medio de señales de voltaje que activan las válvulas cuando la señal es un alto (5 voltios) y las apagan cuando la señal de voltaje es un bajo (0 voltios). La comunicación del subsistema es digital por medio de los pines 5, 6, 7, 8, y 9 del Arduino.

La Electroválvula utilizada en este diseño es una Rain Bird de 1 pulgada, esta válvula se activa con 24 Voltios de corriente directa y es la encargada de activar y desactivar la salida del agua.

La Figura 3.7 muestra en detalle los pines que están conectados entre el Arduino, el relay de cinco canales y las 5 electroválvulas.

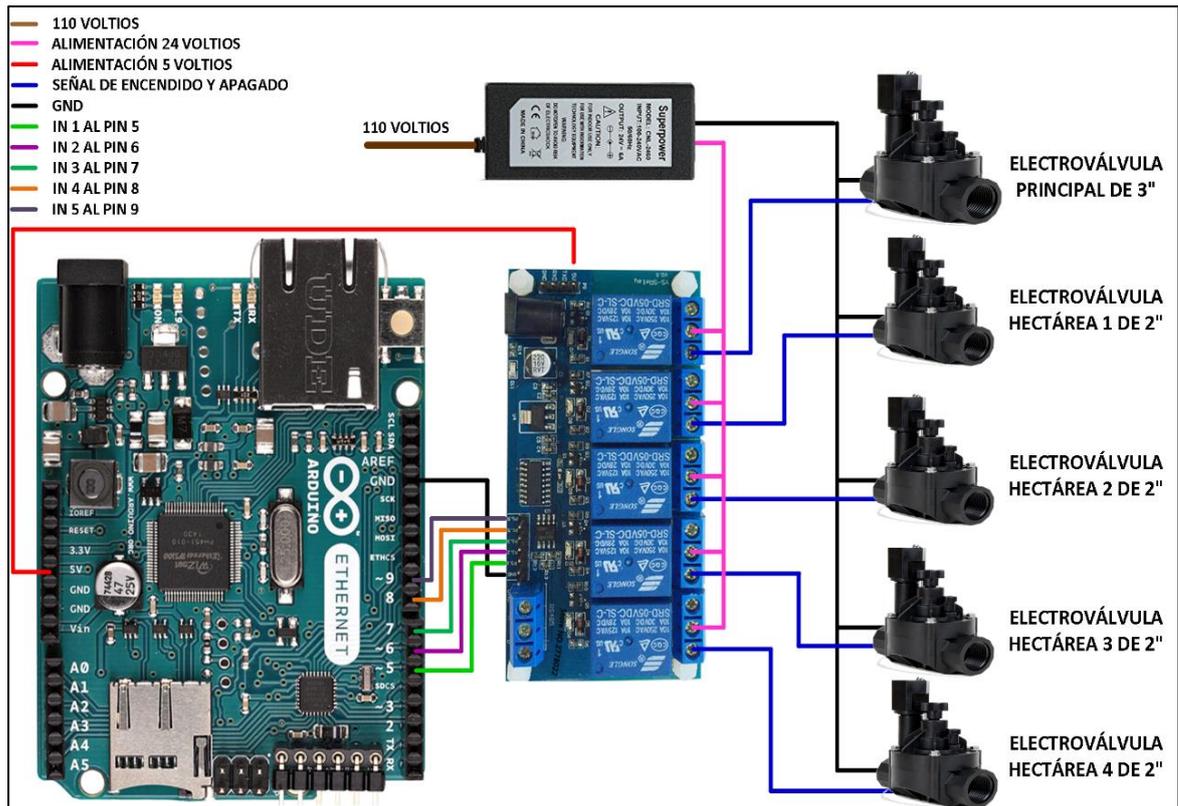


Figura 3.7 Conexión electroválvulas, relay de 5 canales y arduino Enet2

3.3 Comunicación de los dispositivos de red

La red de datos está formada principalmente por dispositivos inalámbricos Omnitik U-5HnD, con antena omnidireccional integrada que, comunican continuamente los tres subsistemas, estos dispositivos a su vez se conectan mediante cable FTP (*del inglés "Foiled Twisted Pair"*) a los Arduinos Ethernet, así como a un Switch y al módem del proveedor de internet.

3.3.1 Análisis de la comunicación entre los dispositivos de comunicación inalámbrica Omnitik U-5HnD

Los dispositivos inalámbricos Omnitik U-5HnD están ubicados sobre postes externos que soportan temperaturas de 30°C propias de la región; los más distantes se ubican a un máximo de 236 metros, cabe indicar, que a pesar de la presencia de arbustos los dispositivos tienen línea de vista y forman una red mesh con una velocidad de transmisión de 54 Mbps a una frecuencia de 5 GHz (*del inglés "Gigahertz"*); El estándar que permite la comunicación entre estos dispositivos es el IEEE 802.11n.

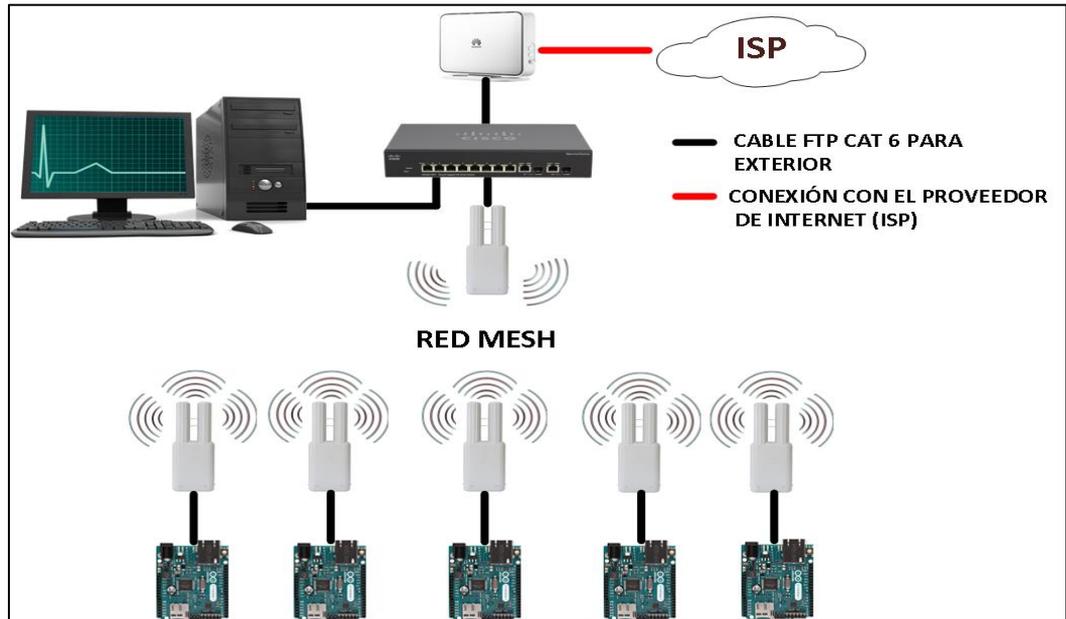


Figura 3.8 Red Mesh formada por los dispositivos inalámbricos

3.3.2 Cálculo de la zona de Fresnel

Para diseñar y garantizar una buena cobertura del subsistema de comunicación inalámbrica, se consideró la frecuencia de la señal transmitida y las distancias entre todos los dispositivos Omnitik; para ello se calculó la zona de Fresnel entre el radio enlace de los dispositivos más alejados y con obstáculos más altos en el medio.

En el cálculo de la pérdida de señal en la potencia entre los dispositivos inalámbricos más alejados en la red, se obtuvo una distancia máxima de 250 metros entre el transmisor TX y el receptor RX; este cálculo es necesario ya que se requiere saber cuál es la mayor pérdida de potencia en el sistema (ver ecuación 3.3).

La figura 3.9 detalla la zona de Fresnel entre dos dispositivos Omnitik U-5HND, la altura a la que están ubicadas las antenas y la distancia del radio enlace.

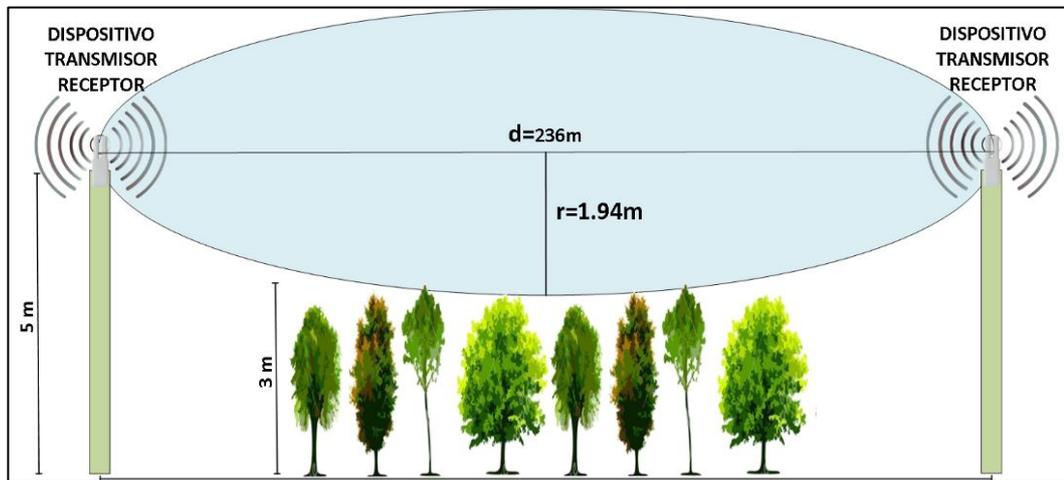


Figura 3.9 Diagrama de la zona de Fresnel entre dos dispositivos Omnitik U-5HND

3.3.3 Cálculo del FSL (pérdida de la señal en el espacio libre)

Para el cálculo del FSL se debe considerar que: K es una constante negativa con valor -187.5, cuando la distancia d está en metros, la frecuencia f en Hz (*del inglés "Herzio"*) y el enlace usa antenas isotrópicas. Para este caso el dispositivo que utilizado emite una frecuencia de 5 GHz, entonces en la ecuación el valor es 5×10^9 Hz.

En la ecuación (3.2), se calcula la pérdida de espacio libre entre los dispositivos más alejados del sistema de radioenlace.

$$\text{FSL(dB)} = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + K \quad (3.2)$$

$$\text{FSL(dB)} = 20\log_{10}(250) + 20\log_{10}(5 \times 10^9) - 187.5$$

$$\text{FSL(dB)} = 47.96 + 193.98 - 187.5$$

$$\text{FSL(dB)} = 56.44$$

A través de la ecuación (3.3), se obtiene el presupuesto del enlace o la potencia con la que llega la señal al receptor, lo cual es necesario para determinar el margen total de la señal recibida.

$$\text{PRx (dBm)} = +27 + 7.5 - 56.44 + 7.5 \quad (3.3)$$

$$PRx \text{ (dBm)} = -14.44$$

Con este cálculo se comprueba que el emisor llega con una potencia igual a -78, que es mayor a la sensibilidad del receptor, por lo que el margen total de la señal es de 63.56 dB. Es preciso recordar que el cálculo se realiza en un ambiente ideal debido a que no se consideran las posibles variantes del clima propias de la región.

En la figura 3.10 se grafica la potencia en relación con la distancia en la cual se ve la disminución de la potencia de la señal en el espacio entre dos dispositivos Omnitik U-5HnD y sirve para hacer el análisis de la potencia de señal requerida desde que la señal sale del emisor hasta llegar al receptor.

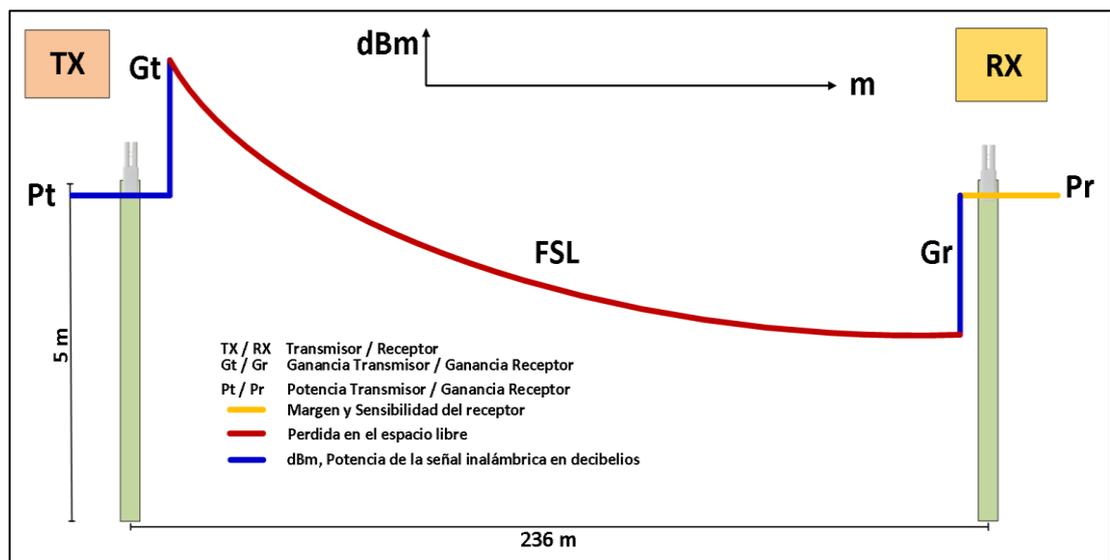


Figura 3.10 Detalle del FSL

La máxima distancia entre los dos dispositivos más alejados en la finca es de 236 metros y con obstáculos en medio que tienen una altura máxima de 3 metros.

d = distancia entre transmisor y receptor[km]

f = frecuencia [GHz]

r = radio en metros

$$r(m) = 17.32 \sqrt{\frac{d(Km)}{4f(GHz)}} \quad (3.4)$$

$$r = 17.32 \sqrt{\frac{0.236}{20}}$$

$$r = 1.94 \text{ m}$$

Como resultado del cálculo de la zona de Fresnel se obtuvo el valor del radio de 1.94 metros, de lo que se concluye que no habrá ningún obstáculo que obstruya la línea de vista, porque la vegetación más alta alcanza una altura máxima de 3 metros y los dispositivos inalámbricos se ubican a 5 metros en consecuencia, se obtiene una distancia restante de 2 metros lo cual garantiza una buena comunicación.

3.3.4 Tabla de direccionamiento de los dispositivos

Se utilizó la subnet 192.168.1.0/27 para el direccionamiento lógico de los dispositivos. La tabla # 2 muestra la dirección IP y la máscara de red de los dispositivos inalámbricos y PC (*del inglés "Personal Computer"*). La tabla # 3 detalla el direccionamiento de los arduinos distribuidos en la finca.

Dispositivo	Dirección IP	Máscara
Modem	192.168.1.1	255.255.255.224
Switch	192.168.1.2	255.255.255.224
PC	192.168.1.3	255.255.255.224
Ant_Casa	192.168.1.4	255.255.255.224
Ant_Pozo	192.168.1.5	255.255.255.224
Ant_Hec1	192.168.1.6	255.255.255.224
Ant_Hec2	192.168.1.7	255.255.255.224
Ant_Hec3	192.168.1.8	255.255.255.224
Ant_Hec4	192.168.1.9	255.255.255.224

Tabla 3.1. Direccionamiento de los dispositivos inalámbricos y PC

Dispositivo	Dirección IP	Máscara
Ard_Pozo	192.168.1.10	255.255.255.224
Ard_Hec1	192.168.1.11	255.255.255.224
Ard_Hec2	192.168.1.12	255.255.255.224
Ard_Hec3	192.168.1.13	255.255.255.224
Ard_Hec4	192.168.1.14	255.255.255.224

Tabla 3.2. Direccionamiento de los Arduinos

3.3.5 Detalles de seguridad en la red de la Finca Leonela

El proveedor de internet en la finca es la empresa CNT (*Corporación Nacional de Telecomunicaciones*), tiene un equipo que es el responsable de brindar la navegación por la web. Como seguridad se recomienda que se cambie la contraseña para poder acceder al equipo, ya que la misma que viene de forma predeterminada se puede encontrar en Internet con mucha facilidad. Se creó unas políticas de seguridad que se visualiza en la Tabla 7, las mismas que son para las contraseñas de acceso al dispositivo y poder conectarse a la red.

No	Política de Seguridad
1	Usar como mínimo 8 caracteres.
2	Combinar caracteres con mayúsculas, minúsculas, números y caracteres especiales.
3	No contener nombres ni fechas de nacimiento de los integrantes de la familia.
4	Renovar las contraseñas cada 3 meses.

Tabla 3.3. Políticas para las contraseñas

La figura 3.11 muestra cómo se cambia la contraseña que viene por defecto en el equipo de CNT, por una que cumpla con las políticas de seguridad que planteadas en la Tabla 4.

The screenshot shows the 'Administrator' login interface. The 'Username' field is pre-filled with 'instalador'. Below it, there are two input fields for 'New Password' and 'Confirm Password', both containing masked characters (dots).

Figura 3.11 Cambio de contraseña de acceso al dispositivo

La contraseña para unirnos a la red wifi también debe cumplir con las políticas antes mencionadas. Por lo que la Figura 3.12 nos permite ver cómo fue ingresada la contraseña al dispositivo.

The screenshot shows the 'WPA-PSK' configuration screen. The 'Encryption' dropdown is set to 'AES'. The 'Pre-Shared Key' field contains the password 'F1nc@L30n3l@' and is followed by the text '(8~63 characters or 64 Hex string)'. The 'Key Renewal Interval' is set to '3600' seconds, with a range of '(0 ~ 4194303)'.

Figura 3.12 Cambio de contraseña para acceder a la red Wifi

Para aumentar la seguridad y mantener el rendimiento de la red, se recomienda realizar ciertas configuraciones que se detalla a continuación:

- Ocultar el SSID (*del inglés “Service Set Identifier”*).
- Filtrar acceso por MAC (*del inglés “Media Access Control”*) Address.
- Reservación de dirección IP por MAC Address.
- Reducir el pool DHCP.

La figura 3.13 muestra cómo se desactivo el “Broadcast SSID” que es el que anuncia a los dispositivos el nombre de la red wifi.

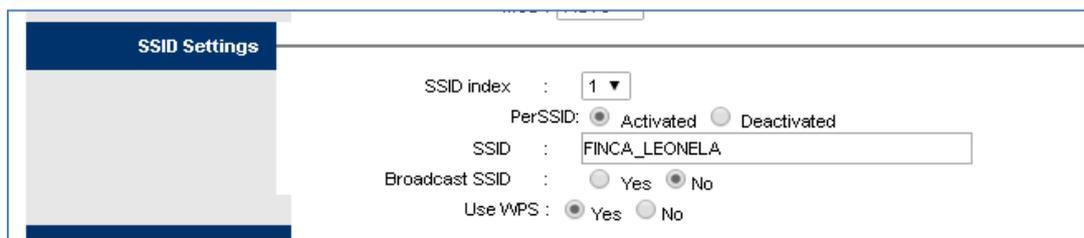


Figura 3.13 Ocultar el SSID “FINCA_LEONELA”

La Figura 3.14 detalla cómo se filtra las direcciones MAC Address a ciertos dispositivos, para que accedan a la red de la finca.

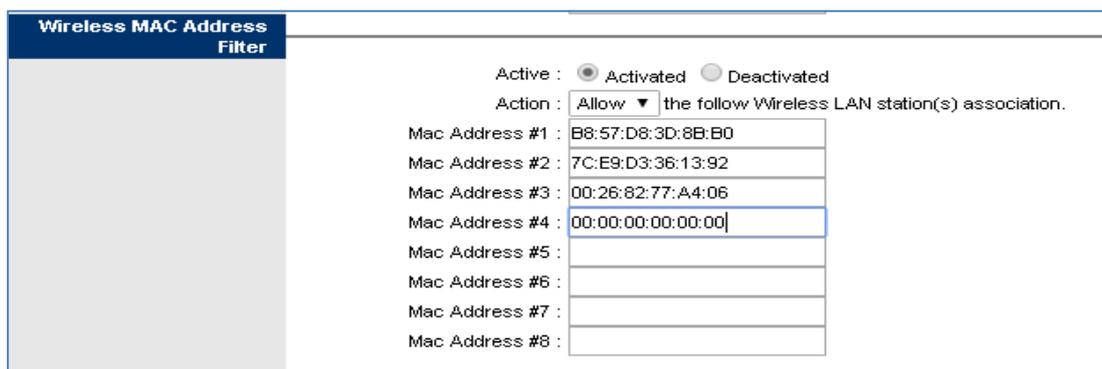


Figura 3.14 Filtro por direcciones MAC address

La reservación de direcciones IP se mostrará en la Figura 3.15, en donde se detalla como una dirección IP se reservará a una dirección MAC, Las

reservaciones DHCP se la hacen para los dispositivos que se detalla en el diagrama de red (ver Figura 2.6).

Add DHCP Reservation			
IP Address :		MAC Address :	
Index	IP	MAC	Drop
1	192.168.1.2	F0:E1:D2:C3:B4:A5	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 3.15 Configuración de reservación DHCP

Para evitar que muchos dispositivos se conecten a nuestra red, una opción es reducir el Pool de direcciones DHCP. En la Figura 3.16 se visualiza que se redujo a un numero de 15 direcciones IP.

Router Local IP																	
IP Address :	192.168.1.1																
IP Subnet Mask :	255.255.255.224																
Alias IP Address :	0.0.0.0 (0.0.0.0 means to close the alias ip)																
Alias IP Subnet Mask :	0.0.0.0																
Snoop :	<input type="radio"/> Activated <input checked="" type="radio"/> Deactivated																
Dynamic Route :	RIP2 Direction None																
DHCP																	
DHCP :	<input type="radio"/> Disabled <input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Relay																
Start IP :	192.168.1.14																
IP Pool Count :	15																
Lease Time :	86400 seconds (0 sets to default value of 259200)																
Physical Ports :	<table border="1"> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>eth0</td> <td>eth1</td> <td>eth2</td> <td>eth3</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ra0</td> <td>ra1</td> <td>ra2</td> <td>ra3</td> </tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	eth0	eth1	eth2	eth3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ra0	ra1	ra2	ra3
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>														
eth0	eth1	eth2	eth3														
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>														
ra0	ra1	ra2	ra3														

Figura 3.16 Reducción del Pool DHCP

3.3.6 Configuración de una red Mesh

A continuación, se detalla la configuración de la red Mesh formada por los puntos de acceso Omnitik U-5HnD, dicha red es la que permite la comunicación de los dispositivos de red. La aplicación utilizada para la gestión de los equipos Omnitik se llama Winbox y entre otras funciones, permite acceder a la configuración de los equipos de la familia Mikrotik de forma cableada e inalámbrica.

En la Figura 3.17 se muestra cómo se crea la interfaz de salida de la red, por la cual la red Mesh se conecta al Switch y a los equipos de la casa.

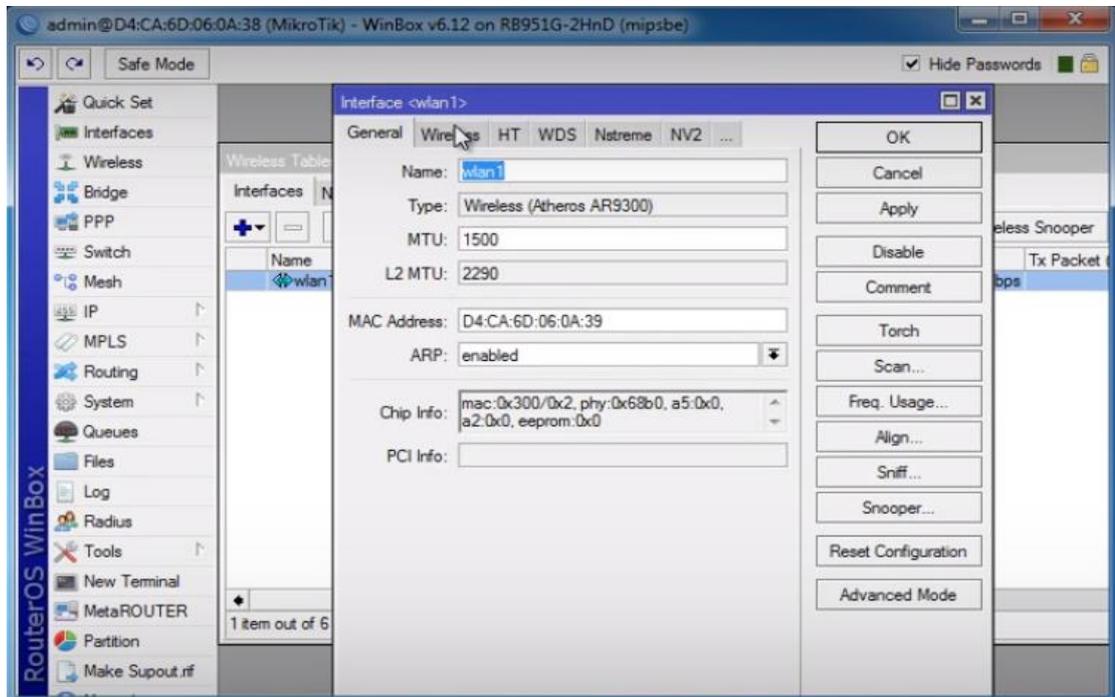


Figura 3.17 Creación de la conexión de salida de la red Mesh

La Figura 3.18 En la pestaña de bridge se crea la subred con el nombre bridge_WDS1, haciendo referencia al dispositivo principal al que se conectan los demás AP.

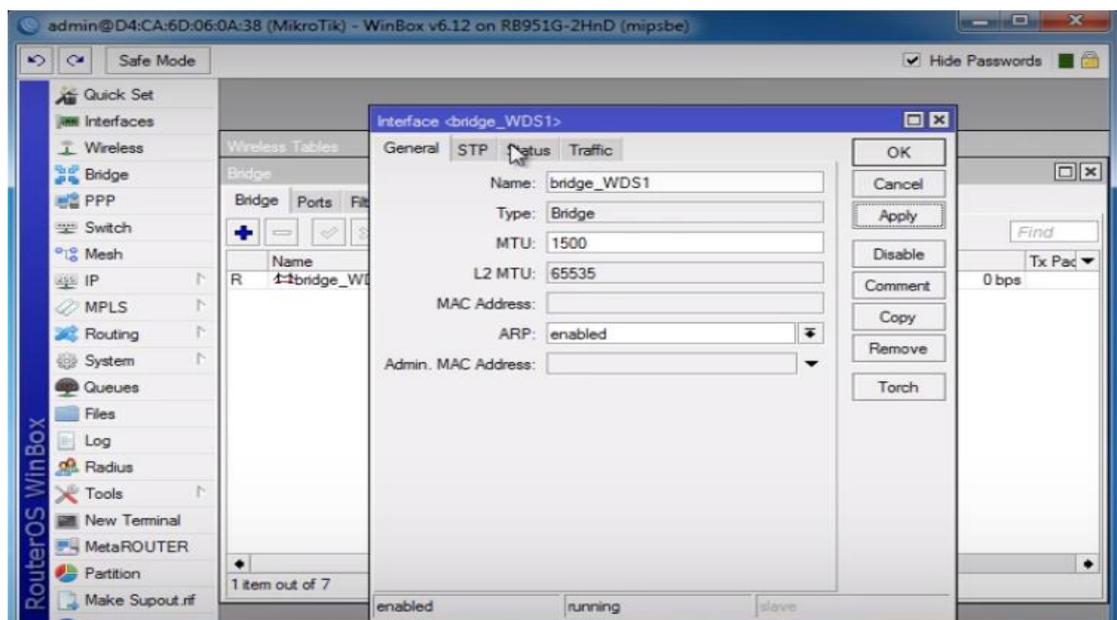


Figura 3.18 Red área local de la red Mesh

La Figura 3.19 muestra la configuración para nombrar la red, utilizar el modo bridge que se refiere a la red LAN (*del inglés “Local Area Network”*) y establecer la frecuencia de transmisión para que los otros dispositivos Omnitik puedan conectarse al equipo principal y para brindar mayor seguridad se oculta la red.

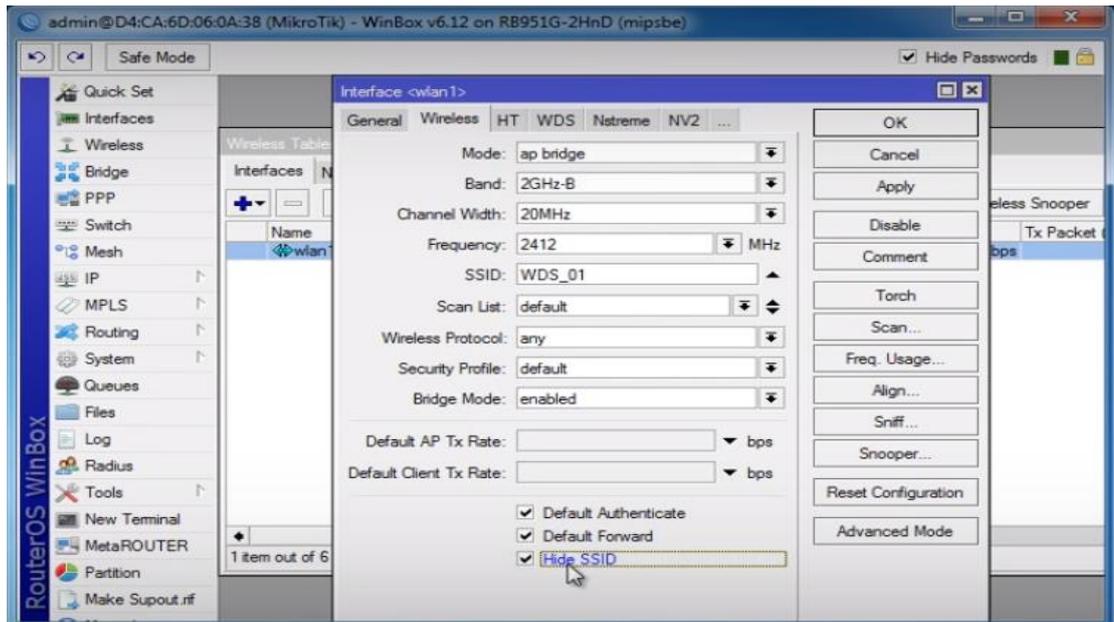


Figura 3.19 Ocultar la red

La Figura 3.20 muestra la configuración de la interfaz de salida de la red que se conecta con la red LAN del bridge y también de forma inalámbrica.

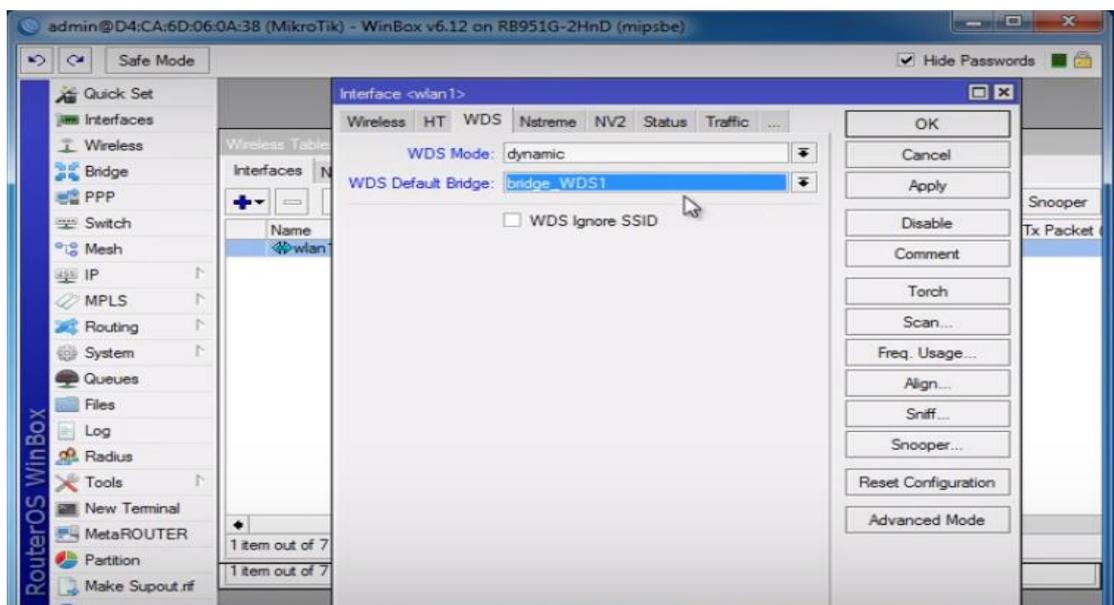


Figura 3.20 Establecer la conexión entre la red WAN y la red LAN

La Figura 3.21 muestra como aparecen los dispositivos conectados a la red.

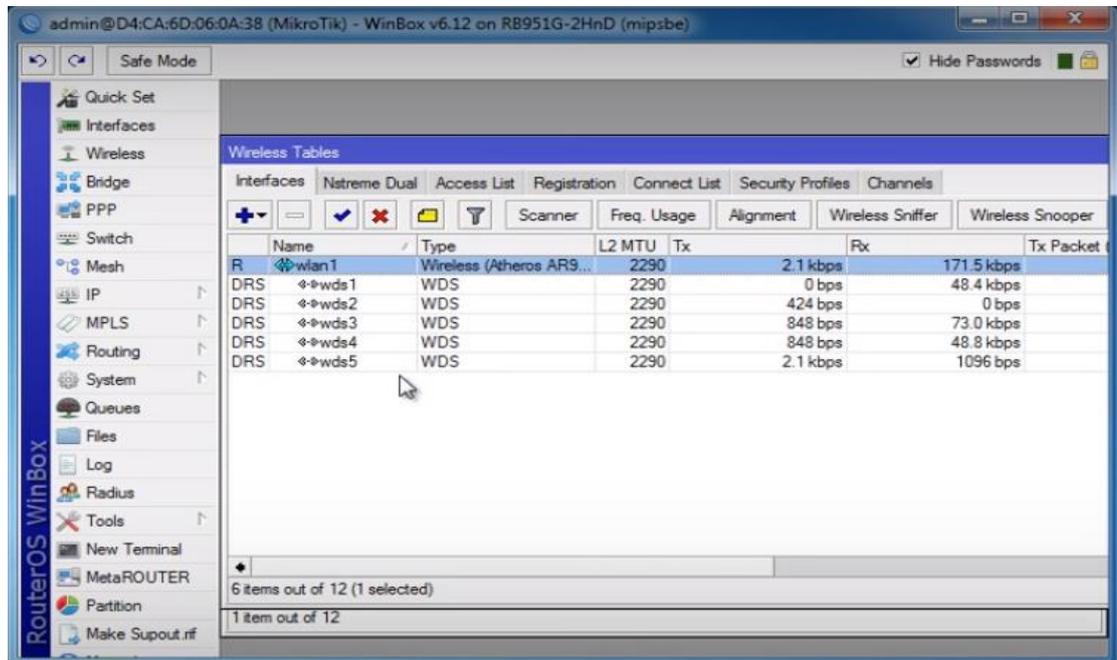


Figura 3.21 Visualización de los dispositivos conectados a la red Mesh

3.3.7 Configuración de VLANs en el Switch Cisco 2960

En esta sección se realizará la configuración de las Vlan, a continuación, se mostrará cómo se realizó lo antes mencionado:

La figura 3.22 se realizó una configuración básica en el Switch como por ejemplo cambiar nombre, poner contraseñas, y cifrar las mismas.

```
Switch>
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Switch(config)#hos
Switch(config)#hostname Switch_Finca
Switch_Finca(config)#ena
Switch_Finca(config)#enable se
Switch_Finca(config)#enable secret fincaleonela
Switch_Finca(config)#no ip domain-lo
Switch_Finca(config)#no ip domain-lookup
Switch_Finca(config)#line con
Switch_Finca(config)#line console 0
Switch_Finca(config-line)#pass
Switch_Finca(config-line)#password fincaleocela
Switch_Finca(config-line)#pass
Switch_Finca(config-line)#password fincaleonela
Switch_Finca(config-line)#line vty 0 4
Switch_Finca(config-line)#pass
Switch_Finca(config-line)#password fincaleonela
Switch_Finca(config-line)#login
Switch_Finca(config-line)#line console 0
Switch_Finca(config-line)#login
Switch_Finca(config-line)#exit
Switch_Finca(config)#ser
Switch_Finca(config)#service pass
Switch_Finca(config)#service password-encryption
Switch_Finca(config)#
Switch_Finca(config)#exit
Switch_Finca#
```

Figura 3.22 configuración básica en el Switch

La figura 3.23 nos detalla las creaciones de las Vlan que serán la Vlan 10 para administración y Vlan 20 para home.

```

Switch_Finca(config)#
Switch_Finca(config)#vlan 10
Switch_Finca(config-vlan)#name Administracion
Switch_Finca(config-vlan)#exit
Switch_Finca(config)#
Switch_Finca(config)#vlan 20
Switch_Finca(config-vlan)#name Home
Switch_Finca(config-vlan)#exit
Switch_Finca(config)#sh
Switch_Finca(config)#sho
Switch_Finca(config)#exit
Switch_Finca#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

Switch_Finca#sho
Switch_Finca#show vlan

VLAN Name                Status      Ports
-----
1    default                active     Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                           Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                           Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                           Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                           Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                           Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                           Gig0/1, Gig0/2

10   Administracion         active
20   Home                   active
1002 fddi-default           act/unsup
1003 token-ring-default   act/unsup
1004 fddinet-default       act/unsup
1005 trnet-default        act/unsup

VLAN Type  SAID      MTU   Parent RingNo BridgeNo  Stp  BrdgMode Trans1 Trans2
-----
1    enet     100001   1500  -     -     -     -     -     0     0
10   enet     100010   1500  -     -     -     -     -     0     0
20   enet     100020   1500  -     -     -     -     -     0     0
1002 fddi     101002   1500  -     -     -     -     -     0     0
1003 tr      101003   1500  -     -     -     -     -     0     0
1004 fdnet   101004   1500  -     -     -     -     -     0     0
1005 trnet   101005   1500  -     -     -     -     -     0     0

Remote SPAN VLANs
-----

Primary Secondary Type          Ports
-----
Switch_Finca#

```

Figura 3.23 Creación de las VLANs en el Switch

La siguiente figura 3.24 nos detalla cómo se asignan las Vlan a los puertos, los puertos fastethernet 0/1-2 pertenecerán a la Vlan 20 y el puerto fastethernet 0/24 pertenecerá a la Vlan 10.

```

Switch_Finca(config)#interface ra
Switch_Finca(config)#interface range fa
Switch_Finca(config)#interface range fastEthernet 0/1-2
Switch_Finca(config-if-range)#sw
Switch_Finca(config-if-range)#switchport mo
Switch_Finca(config-if-range)#switchport mode a
Switch_Finca(config-if-range)#switchport mode access
Switch_Finca(config-if-range)#sw
Switch_Finca(config-if-range)#switchport a
Switch_Finca(config-if-range)#switchport access vl
Switch_Finca(config-if-range)#switchport access vlan 20
Switch_Finca(config-if-range)#
Switch_Finca(config-if-range)#exit
Switch_Finca(config)#
Switch_Finca(config)#in
Switch_Finca(config)#interface fa
Switch_Finca(config)#interface fastEthernet 0/24
Switch_Finca(config-if)#sw
Switch_Finca(config-if)#switchport m
Switch_Finca(config-if)#switchport mode a
Switch_Finca(config-if)#switchport mode access |
Switch_Finca(config-if)#sw
Switch_Finca(config-if)#switchport a
Switch_Finca(config-if)#switchport access v
Switch_Finca(config-if)#switchport access vlan 10
Switch_Finca(config-if)#
Switch_Finca(config-if)#exit
Switch_Finca(config)#
Switch_Finca(config)#do sh vlan

```

VLAN Name	Status	Ports
1 default	active	Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6 Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9, Fa0/10 Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13, Fa0/14 Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17, Fa0/18 Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21, Fa0/22 Fa0/23, Gig0/1, Gig0/2
10 Administracion	active	Fa0/24
20 Home	active	Fa0/1, Fa0/2
1002 fddi-default	act/unsup	
1003 token-ring-default	act/unsup	
1004 fddinet-default	act/unsup	
1005 trnet-default	act/unsup	

Figura 3.24 Asignación de puertos a las VLANs

La figura 3.25 nos muestra como aplicamos seguridad a los puertos con el comando “switchport port-security” como por ejemplo que solo se permita una dirección MAC-Address, que si se quiere ingresar otra MAC el puerto se apague.

```

Switch_Finca(config)#interface fastEthernet 0/24
Switch_Finca(config-if)#sw
Switch_Finca(config-if)#switchport po
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security
Switch_Finca(config-if)#sw
Switch_Finca(config-if)#switchport po
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security max
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security maximum 1
Switch_Finca(config-if)#sw
Switch_Finca(config-if)#switchport po
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security vio
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security violation sh
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security violation shutdown
Switch_Finca(config-if)#sw
Switch_Finca(config-if)#switchport po
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security ma
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security ma
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security mac
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security mac-address st
Switch_Finca(config-if)#switchport port-security mac-address sticky
Switch_Finca(config-if)#end
Switch_Finca#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
Switch_Finca#

```

Figura 3.25 Configuración de seguridad de puertos

3.4 Análisis de la energización de los dispositivos para la solución

En el diseño se realizó dos soluciones para la energización de los dispositivos en la finca. Por un lado, tenemos el abastecimiento de energía para los elementos que están ubicados en la zona del pozo, y por otro lado tenemos la alimentación a los elementos que están en la caja metálica ubicada en los postes distribuidos en las hectáreas.

3.4.1 Abastecimiento por paneles solares para la zona de la plantación

Para proporcionar energía a los dispositivos que se encuentran en la parte interior de la caja metálica y dispositivo inalámbrico, se diseñó un sistema fotovoltaico, que es alimentado por un panel de 50 W y tendrá una batería como respaldo en días que haya ausencia de sol y el panel solar no pueda generar energía para proveer a los dispositivos.

El análisis que se realizó para elegir el panel solar de 50 W, es que en el día el mayor provecho que se obtiene la energía solar es de 4 horas dando un total de 200 W por día. La siguiente Figura 3.28 nos ayuda a visualizar el cálculo de la potencia obtenida.



Figura 3.28 Gráfica potencia vs tiempo

Como se indicó, son 4 horas al día donde se obtiene el mayor provecho a los paneles solares porque es en el horario de 10:00 a 14:00 es cuando producen toda su capacidad de 50 W y existe mayor radiación solar.

De la ecuación (3.5) se analiza el área bajo la curva en el horario de [10:00 14:00], que será la potencia que los paneles solares producen 50W.

$$\text{Área} = (\text{Base})(\text{Altura}) \quad (3.5)$$

$$\text{Área} = (4)(50)$$

$$\text{Área} = 200 \text{ W por Día}$$

El consumo de energía que tendrán los dispositivos se detalla en la siguiente Tabla 6.

Dispositivo	Potencia en W
Dispositivo Inalámbrico	11
Arduino enet2 y sensores	1
Total	12

Tabla 3.4. Consumo en vatios de los dispositivos en la caja

El consumo total de los dispositivos resultó 12 W, tenemos que hacer el cálculo para la duración de 12 horas. Por lo que a continuación se muestra la Figura 3.29 la gráfica relacionada al consumo de potencia en las 12 horas.



Figura 3.29 Gráfica del consumo de energía de los dispositivos en 12 horas

Como podemos visualizar en la Figura 3.29 la potencia es constante durante las 12 horas. En la ecuación (3.6), hacemos el análisis del consumo total de los dispositivos.

$$\text{Área} = (\text{Base})(\text{Altura}) \quad (3.6)$$

$$\text{Área} = (12)(12)$$

$$\text{Área} = 144 \text{ W por Día}$$

Para concluir con el análisis, la potencia diaria otorgada por el panel solar supera a la potencia consumida diaria de los dispositivos en la caja metálica, por lo que satisface las condiciones del problema.

El sistema fotovoltaico incluye una batería para que trabaje en días que no haya suficiente radiación solar, se recomienda que se garantice el cálculo para dos días. Además, para un mejor rendimiento de la batería se sugiere que se descargue solo el 50%, para que no afecte la vida útil de la misma.

El requerimiento de lo que se necesita de la batería se lo visualiza en la Tabla 3.6.

Potencia Diaria en W	Potencia por 2 Días en W	Restante de Potencia en la Batería (50%)	Total de Potencia en la Batería
144	288	288	576

Tabla 3.5. Cálculo de potencia en la batería

Llegando a la conclusión que necesitamos una batería con una potencia mínima de 576 W, para que pueda satisfacer los dos días energizando los elementos en la caja metálica y además que solo se descargue el 50% para un mejor confort en la vida útil de la misma. Por lo que queda justificado haber elegido la batería Bosch M4 de 600 W.

3.4.2 Abastecimiento de energía para la zona del pozo

Desde la casa hacia la zona del pozo hay una distancia de 236 metros, en donde se pasará un cable eléctrico flexible #6 el cual tiene las siguientes características que se visualizan en la Tabla 5.

	Calibre AWG	Diámetro en mm	Soporta corriente en A	Soporta potencia en W
Cable eléctrico flexible	18	1	10	1270

Tabla 3.6. Características del cable eléctrico flexible



Figura 3.26 Cable eléctrico flexible #18

Este cable estará en la parte interior de un tubo PVC, estará enterrado 50 centímetros desde la superficie del suelo, y no habrá problemas para zonas que haya tráfico porque una de las características del tubo es que es pesado. Este cable es ideal porque es resistente para zonas con distancias mayores a los 300 metros por lo que es una buena opción para nuestra solución.

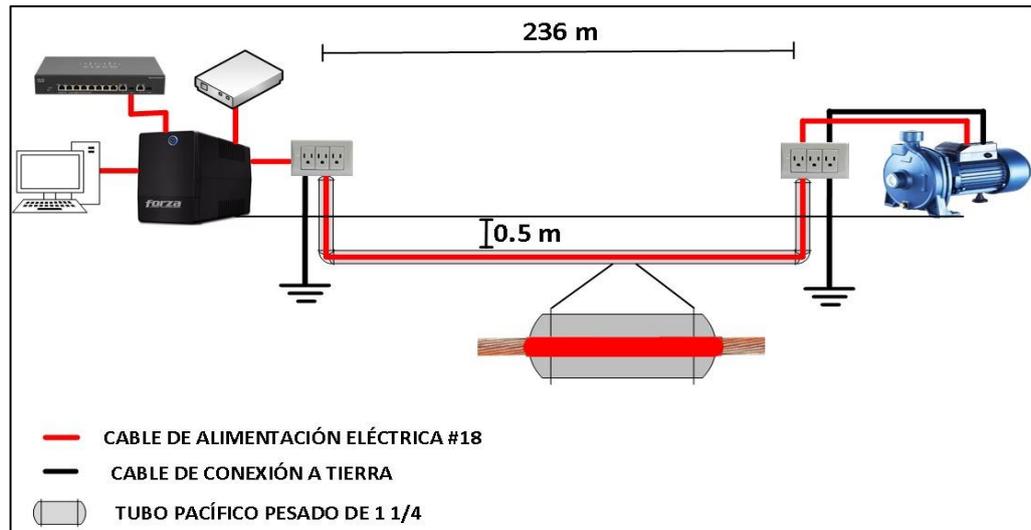


Figura 3.27 Diagrama de conexión eléctrica desde la casa hasta el pozo

3.5 Presupuesto y plan de trabajo

La tabla 3.7 muestra la cotización de los dispositivos, materiales para la implementación del diseño y el costo de la mano de obra del mismo.

COTIZACIÓN DE LISTA DE MATERIALES			
NOMBRE	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
ROLLO DE CABLE ELÉCTRICO FLEXIBLE #18	5	\$ 52	\$ 260
CABLE ELECTRICO FLEXIBLE #18	110	\$ 0,20	\$ 22,00
CABLE ELECTRICO FLEXIBLE #14	20	\$ 0,25	\$ 5,00
TANQUE ROTOPLAS 25000L	4	\$ 2.500	\$ 10.000,00
ANTENA OMNITIK U-5HND	6	\$ 100	\$ 600,00
BOMBA ELÉCTRICA DE AGUA CENTURY QB60	1	\$ 125	\$ 125,00
ARDUINO ENET2	5	\$ 50	\$ 250,00
MODULO RELEE/RELAY 1 CANAL	1	\$ 4	\$ 4,00
MODULO RELEE/RELAY 5 CAN.	1	\$ 10	\$ 10,00
SENSOR ULTRASONIDO HC-SR04	1	\$ 4	\$ 4,00

Tabla 3.7 Presupuesto para el diseño de la solución Parte 1/3

SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC-28	4	\$ 4	\$ 16,00
PANEL SOLAR VICTRON 50W 12V POLICRISTALINO	5	\$ 50	\$ 250,00
TUBO GALVANIZADO 1 PULGADA (3m)	2	\$ 10	\$ 20,00
BATERIA BOSH M4 022	5	\$ 20	\$ 100,00
CONTROLADOR PANEL SOLAR 20 A	5	\$ 20	\$ 100,00
CABLE FTP CAT 6 BLINDADO EXTERIOR	20	\$ 0,80	\$ 16,00
ELECTROVÁLVULA 1' PULGADA RAIN BIRD	5	\$ 15	\$ 75,00
TOMACORRIENTES 3 ENTRADAS	2	\$ 1	\$ 2,00
INVERSOR DE 300W MASTER POWER	5	\$ 50	\$ 250,00
POSTES DE MADERA CHANUL 6 METROS	6	\$ 90	\$ 540,00
TUBERIAS DE 1 PULGADA ROLLO DE 100 M	6	\$ 60	\$ 360,00
TUBERIAS DE 3/4 PULGADA ROLLO DE 100 M	20	\$ 45	\$ 900,00
TRIPODE PARA ASPERSOR	96	\$ 15	\$ 1.440,00
TUBERIAS DE 1/2 PULGADA ROLLO DE 100 M	2	\$ 35	\$ 70,00
REGULADOR PARA ELECTROVALVULA 24V 6A	1	\$ 25	\$ 25,00
CABLE DUPONT POR METRO 40 HILOS	5	\$ 2	\$ 10,00
SWITCH CISCO SG200-10FP	1	\$ 189	\$ 189,00

Tabla 3.7 Presupuesto para el diseño de la solución Parte 2/3

UPS FORZA NT-751 750VA 120 V 6 TOMAS	1	\$ 45	\$ 45,00
TUBO PACIFICO PESADO DE 1 1/4 DE 3 METROS	79	\$ 2	\$ 158,00
ASPERSOR	96	\$ 8	\$ 768,00
REMUNERACIÓN POR OBRA	2	\$ 3.000	\$ 6.000,00
TOTAL			\$ 22.614,00

Tabla 3.7 Presupuesto para el diseño de la solución Parte 3/3

La Figura 3.30 se visualiza el plan de trabajo, en donde se detalla el tiempo que demora la implementación del diseño, el mismo que tiene una duración de 77 días y tiene que pasar desde la fase de la recopilación de información hasta la fase de corrección de errores.

Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Nombres de los recursos
	DISEÑO DEL PROYECTO	77 días	lun 9/10/17	mar 23/1/18	FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	RECOPIRAR INFORMACIÓN	3 días	lun 9/10/17	mié 11/10/17	FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN	15 días	jue 12/10/17	mié 1/11/17	2 FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	15 días	jue 2/11/17	mié 22/11/17	3 FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	COTIZACIÓN Y COMPRA DE EQUIPOS	10 días	jue 23/11/17	mié 6/12/17	4 FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	30 días	jue 7/12/17	mié 17/1/18	5 FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	2 días	jue 18/1/18	vie 19/1/18	6 FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA
	CORRECCIÓN DE ERRORES	2 días	lun 22/1/18	mar 23/1/18	7 FERNANDO ZATIZABAL;LUIS PIEDRA

Figura 3.30 Plan de trabajo del diseño del proyecto

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Un sistema automatizado con sensores disminuye considerablemente el tiempo de riego en una plantación, debido a que se puede programar procesos que ejecuten tareas diarias.

Con el sensor de humedad FC-28 se tiene un significativo ahorro al momento de regar el sembrío, ya que solo se riegan las plantas cuando disminuye la humedad del terreno en el cultivo.

Usar un reservorio de agua garantiza que haya disponibilidad del recurso para el riego de la plantación.

Recomendaciones

Realizar un mantenimiento preventivo de los equipos cada 6 meses.

Adquirir una dirección IP pública para poder acceder de forma remota a la visualización y configuración de los equipos.

Utilizar desde el celular una aplicación móvil o página web para programar y configurar funciones de encendido o apagado manual de la bomba y electroválvulas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] "Sensor ultrasónico HC-SR04, crear una alarma con Arduino - HETPRO", *HETPRO/TUTORIALES*, 2018. [Online]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-hc-sr04/>
- [2] 2018. [Online]. Available: <https://mum.mikrotik.com//presentations/EC13/bajana.pdf>
- [3] "Tutorial sensor de humedad de suelo - Madness Electronics", Madness Electronics, 2018. [Online]. Available: <http://www.madnesselectronics.com/tutorial-sensor-de-humedad-de-suelo/>
- [4] Distribuidornacional.com. (2018). Tanques de Agua Rotoplas 25,000 litros. [online] Available at: <https://distribuidornacional.com/Item/DistribuidordeTanquesAlmacenamientodeAguayQuimicos>
- [5] Anon, (2018). [online] Available at: <https://www.reichelt.com/at/de/www.reichelt.at/Einplatinen-Mikrocontroller/ARDUINO-ENET2/3/index.html?ACTION=3&GROUPEID=8243&ARTICLE=155770>
- [6] Maximo Solar Industries. (2018). Sistemas. [online] Available at: <http://www.maximosolar.com/es/aprende/sistemas>
- [7] Support, P. and Switches, C. (2018). Cisco SG200-10FP 10-Port PoE Smart Switch. [online] Cisco. Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/switches/sg200-10fp-10-port-poe-smart-switch/model.html>
- [8] Anon, (2018). [online] Available at: <http://www.tecnosmart.com.ec/v2/ups-forza-nt-751.html>

ANEXOS

CPU	Atheros AR7241 400MHz network processor
Memory	32MB DDR SDRAM onboard memory
Boot loader	RouterBOOT
Data storage	64MB onboard NAND memory chip
Ethernet	Five 10/100 Mbit/s Fast Ethernet port with Auto-MDI/X, L2MTU frame size up to 2030
Wireless	Wireless Built-in 5GHz 802.11a/n 2x2 MIMO
Antenna	Two 7.5dBi (+/-1dBi) omni with different polarities (ch0 horizontal, ch1 vertical polarization)
Extras	Reset switch, USB 2.0 port
LEDs	5 programmable LEDs (Ethernetactivity by default), one power LED
Power options	Passive 9-30V PoE only. 16KV ESD protection on RF port
Dimensions	368x125x55mm, 520g
Operating temperature	-30C to +70C
Operating system	MikroTik RouterOS v5, Level4 license
Package contains	OmniTIK unit, mounting bracket, hose clamp, PoE injector, 24V power adapter
RX sensitivity	802.11a: -96 dBm @ 6Mbps to -80 dBm @ 54 Mbps 802.11n: -96 dBm @ MCS0 to -77 dBm @ MCS7
TX power	802.11a: 26dBm @ 6Mbps to 22dBm @ 54 Mbps 802.11n: 25dBm @ MCS0 to 19dBm @ MCS7
Modulations	OFDM: BPSK, QPSK, 16 QAM, 64QAM DSSS: DBPSK, DQPSK, CCK

Datasheet Omnitik U-5hnd

Energía dedicada a PoE

62W

Cantidad de puertos que admiten PoE	8
Consumo de energía	110 V/P=13.13W 220 V/P=13.48W
Disipación de calor (BTU/h)	46.0
Modo ahorro de energía	Corto alcance y detección de energía
Cantidad total de puertos de sistema	8 Gigabit Ethernet
Puertos RJ-45	8 Gigabit Ethernet
Puertos combinados (RJ45 - SFP)	2 Gigabit combinados
Bufere de paquete	4 Mb
Dimensiones (ancho - alto - profundidad) mm	279.4 X 44.45 X 170
Peso de la unidad (Kg)	1.26
Alimentación	(externo) 100V-240V, 2.5A, 50-60Hz

Ventilador	no
------------	----

Datasheet Switch cisco SG200-10FP

Dimensiones (grosor – ancho - largo) mm	6X20X45
Peso (gr)	25
Voltaje operación	3.3V – 5V
Conectores	VCC, GND, OD, OA

Datasheet sensor de humedad FC-28

Voltaje de operación	5V
Conectores	Vcc, Trigger, Echo, GND
Rango de medición	2 cm a 400 cm
Corriente de alimentación	15 mA
Frecuencia del pulso	40 Khz
Apertura del pulso ultrasónico	15°
Señal de disparo	10uS
Dimensiones del módulo	45x20x15 mm

Datasheet sensor de ultrasonido HC-SR04

Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada PoE (recomendado)	36 – 57V
Digital I / O Botones	14 (de los cuales 4 proporcionan salida PWM)
Arduino Pins reservado	10 a 13 utilizados para SPI 4 utilizado para la tarjeta SD 2 interrupción W5100 (cuando se puentea)
Clavijas de entrada analógica	6

Corriente DC para I / O Pin	40 mA
Corriente DC para 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0,5 KB utilizados por el gestor de arranque
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Controlador Ethernet Embebido W5100	Si
TCP / IP	
Longitud	68.6 mm
Anchura	53.3 mm
Peso	28 gr

Datasheet Arduino Enet 2

Voltaje	12V
Potencia	50W
Tipo de celda	Policristalino
Bastidor	Aluminio
Dimensiones	(540X670X25)mm
Peso	4.3Kg

Datasheet panel solar Victron 50W

Ethernet Interface

- Provision of four 10/100 Mbit/s adaptive
- Ethernet interfaces λ Supports IEEE 802.3 and IEEE 802.3u standard λ
- Supports line Auto MDI and MDIX Auto-sensing

<p>WLAN Interface</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Supports 802.11g, 802.11n (2.4 GHz), 802.11b • Supports WPS2.0 (PBC mode and PIN mode) • Supports SSID hiding λ Supports multiple SSIDs (4 SSIDs) • Supports Open System, WPA-PSK and WPA2-PSK security • Supports 64/128 digits WEP, TKIP, AES, encryption
<p>Security Features</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Supports powerful wireless network security • Supports IP/MAC address filtering • Supports port/URL filtering Supports ACL • Supports DMZ • Supports the PAP (RFC 1334), CHAP (RFC 1994) and the default PAP/CHAP adaptive • Supports SPI (Stateful Packet Inspection) • Prevents DoS attacks such as the SYN flooding, port scanning, ICMP Redirection, ping of death, teardrop, and LAND
<p>Routing & Bridged Features</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Supports NAT, NAPT (RFC1631, RFC2663, RFC2766, RFC3022) and ALG expansion • Supports RIP v1 (RFC1058), RIP v2 (RFC1389, RFC1723, RFC2453) • Supports multiple PVC working mode <ul style="list-style-type: none"> – IPOA (RFC2684 Bridged) – IPOE (RFC2684 Bridged Static IP, RFC2684 Bridged DHCP Client) – PPPoE (RFC1661, RFC2516) – PPPoA (RFC1661, RFC2364) • Supports DHCP server, DHCP client, DHCPv6 Server, DHCPv6 Client and DHCP relay • Supports DNS client and DNS proxy • Supports IGMP proxy and IGMP snooping • Supports IPv6 <ul style="list-style-type: none"> – Supports IPv4 and IPv6 dual-stack – Supports DS-Lite • Supports port mapping • Supports UPnP
<p>QoS Features</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Support multiple methods of traffic classification based on <ul style="list-style-type: none"> – LAN interface and WLAN SSID – IP address (source and destination address)

	<ul style="list-style-type: none"> - Ports (source ports and destination ports) at the fourth layer - Mac address (source and destination address) - 802.1p - VLAN and 802.1q - Differentiated Services Code Point (DSCP) - Protocol (TCP, UDP, ICMP) • Support for re-marking the result of traffic classification based on <ul style="list-style-type: none"> - 802.1p - DSCP - TOS/IPP • Support for queuing methods based on priorities (up to four queues) <ul style="list-style-type: none"> - Priority queuing (6 PQs) - Weighted Fair Queuing (4 WFQs)
<p>Power Supply Specifications</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Entire-device power supply: 12 V DC, 1 A • Entire-device power consumption: < 12 W
<p>Physical Specifications</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensions (W x L x H): 31 mm x 145 mm x 110 mm • Weight: about 180 g

Datasheet Modem HG532