

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DESARROLLO DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL PARA
MEZCLADO Y MONITOREO DEL PROCESO DE FUMIGACIÓN
MANUAL EN PLANTACIONES DE CACAO DE LA COMUNA FLOR DEL
VALLE - SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS**

AUTOR:

DIEGO ARMANDO MOLINA PUMA

TUTOR:

VÍCTOR HUGO NARVÁEZ VEGA

Quito, marzo del 2016

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo Diego Armando Molina Puma, con documento de identificación N° 100384928-6, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: DESARROLLO DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL PARA MEZCLADO Y MONITOREO DEL PROCESO DE FUMIGACIÓN MANUAL EN PLANTACIONES DE CACAO DE LA COMUNA FLOR DEL VALLE - SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Nombre: Diego Armando Molina Puma

Cédula: 100384928-6

Fecha: marzo del 2016

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, DESARROLLO DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL PARA MEZCLADO Y MONITOREO DEL PROCESO DE FUMIGACIÓN MANUAL EN PLANTACIONES DE CACA O DE LA COMUNA FLOR DEL VALLE - SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS, realizado por Diego Armando Molina Puma, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2016



Victor Hugo Narváez Vega

Cédula de identidad: 171188687-7

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación le dedico a toda mi familia, al Divino Niño Jesús el cual soy devoto y en especialmente a mis hermanos Yolanda y Miguel que fueron el pilar fundamental para conseguir mis objetivos planteados, ya que con su ejemplo y motivación lograron generar en mí el impulso necesario para culminar mi carrera universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana por todos los conocimientos adquiridos, gracias a su excelente planta de docentes que conforman la Carrera de Ingeniería Electrónica, en especial al Ing. Víctor Hugo Narváez que fue la persona que confió en mí, para la realización de este proyecto, con su asesoramiento, amistad, apoyo y paciencia fue la guía indica para alcanzar la meta propuesta.

Y por último un profundo agradecimiento a las personas de la Comuna Flor del Valle de la provincia del Santo Domingo de Tsáchilas y al personal del Ministerio de Agricultura por facilitarnos la movilidad y las instalaciones para desarrollar el proyecto de titulación.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1.	2
ESTUDIO DEL PROBLEMA	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Justificación.....	2
1.3. Tema	3
1.4. Objetivo general	3
1.5. Objetivo específico	3
1.6. Beneficiarios	4
CAPÍTULO 2.	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Importancia del cacao en la Comuna Flor de Valle	5
2.2. El proceso de cultivo del cacao en la zona	6
2.3. Factores climáticos para el cultivo del cacao en la zona	7
2.3.1. Temperatura.....	7
2.3.2. Humedad Relativa.....	7
2.4. Plagas y enfermedades en el cultivo del cacao	7
2.5. Agroquímicos en el cultivo del cacao.....	9
2.6. Técnicas manuales de aplicación de los agroquímicos en los cultivo.....	10
2.6.1. Métodos para la aplicación	10
2.6.2. Clasificación de los equipos manuales de fumigación.....	10
2.6.3. Preparación de la mezcla para la aplicación de los agroquímicos	11
2.8. Consideraciones generales para una eficiente pulverización	15
2.9. Afectaciones a la salud que provoca el uso de los agroquímicos.....	15

2.10. Riesgo de estrés térmico en la salud de los trabajadores	16
CAPÍTULO 3.	17
DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE, SOFTWARE Y DISEÑO DEL PROTOTIPO	17
3.1 Introducción	17
3.2. Hardware del sistema prototipo de control	18
3.2.1. Tarjeta de control Arduino UNO	19
3.2.2. Sensor digital de temperatura y humedad de relativa DHT22.....	20
3.2.3. Sensor ultrasónico Hc-sr04.....	21
3.2.4. Sensor infrarrojo de emisor y receptor	22
3.2.5. Electroválvula STC- 2P025	22
3.2.6. Motor S330012	23
3.2.7. Bomba para el despacho de la mezcla 3M TE087	24
3.2.8. Pantalla de visualización de datos LCD Hitachi HD44780.....	25
3.2.9. Pulverizador manual SOLO 425	26
3.2.10. Batería recargable FP 1212.....	27
3.3. Software IDE para la programación de la tarjeta Arduino	28
3.4. Diseño del sistema prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático.	29
3.4.1. Diagrama del circuito electrónico del prototipo de control para el proceso de mezclado en el tanque automático.	32
3.4.2. Flujograma del prototipo de control implementado en la tarjeta Arduino UNO para el control del proceso de mezclado en tanque automático	35
3.5. Diseño del prototipo para control y monitoreo de temperatura y humedad relativa	38
3.5.1. Diagrama del circuito electrónico del prototipo de control para el monitoreo de temperatura y humedad relativa	39

3.5.2. Flujoograma del prototipo de control implementado en la tarjeta arduino UNO para monitoreo de temperatura y humedad relativa	41
3.6. Esquematización final del sistema prototipo de control monitoreo del proceso de la fumigación manual en plantaciones de cacao	44
CAPÍTULO 4.	45
PRUEBAS Y RESULTADOS	45
4.1. Pruebas de funcionamiento del prototipo	45
4.1.1. Pruebas de funcionamiento del prototipo para el proceso de mezclado ..	45
4.1.2. Pruebas de preparación de la mezcla en el prototipo	47
4.2. Pruebas de funcionamiento del prototipo para el control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa del proceso de fumigación manual	51
4.2.1. Pruebas del prototipo para el control, monitoreo de la temperatura y humedad del proceso de la fumigación manual	53
4.2.2. Pruebas del nivel de descarga de la batería del prototipo de monitoreo de temperatura y humedad	54
4.3. Presupuesto	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS	62
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas de la tarjeta de control Arduino UNO	19
Tabla 2. Características técnicas del sensor DHT-22.....	20
Tabla 3. Principales características del Sensor ultrasónico Hc-sr04	21
Tabla 4. Principales características de la electroválvula STC- 2P025.....	23
Tabla 5. Principales características del motor S330012	24
Tabla 6. Especificaciones técnicas de la bomba 3M TE087	25
Tabla 7. Principales características del pulverizador SOLO 425	27
Tabla 8. Principales características de la batería FP 1212	28
Tabla 9. Lista de verificación de funciones del prototipo de mezclado.....	46
Tabla 10. Tabla de Valores de la solución química	48
Tabla 11. Prueba de descarga de la batería del prototipo de mezclado	50
Tabla 12. Pruebas de verificación de funciones del prototipo para el control, monitoreo de la temperatura y humedad de la fumigación manual.....	52
Tabla 13. Pruebas de control, monitoreo de la temperatura y humedad relativa del prototipo de la bomba de fumigación manual	54
Tabla 14. Pruebas de la descarga de batería del prototipo para el proceso de la fumigación manual.	55
Tabla 15. Costo del prototipo del sistema de mezclado.....	56
Tabla 16. Costo del prototipo del sistema de control y monitoreo de la temperatura y humedad	57
Tabla 17. Costo total del prototipo	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plantaciones de cacao en la Comuna Flor del Valle	5
Figura 2. Vista de la planta del cacao afectada por la escoba de bruja.	8
Figura 3. Agroquímico usado en el cacao para control de plaga.....	9
Figura 4. Clasificación toxicológica de los agroquímicos	9
Figura 5. Vista general del equipo tipo lanza.	10
Figura 6. Pulverizador tipo Mochila de capacidad 15 litros	11
Figura 7. . Equipo de protección para la manipulación de agroquímicos.....	12
Figura 8. Recomendaciones para la preparación de la mezcla o caldo.....	13
Figura 9. Indicaciones para la aplicación de mezcla en pulverizadores manuales....	14
Figura 10. Efectos de los agroquímicos en la salud de las personas	15
Figura 11. Valores tolerables de temperatura y humedad para la determinación de estrés térmico.....	16
Figura 12. Hardware del sistema prototipo control para el tanque de mezcla	17
Figura 13. Hardware del sistema de control para el monitoreo del proceso de fumigación manual	18
Figura 14. Vista de la tarjeta arduino uno	19
Figura 15. Vista del sensor DHT22	20
Figura 16. Vista del sensor HC-SR04.....	21
Figura 17. Vista del sensor infrarrojo de emisor y receptor.....	22
Figura 18. Vista de la Electroválvula STC- 2P025.....	23
Figura 19. Vista del motor S330012.....	24
Figura 20. Vista de la bomba 3 M TE087.....	25
Figura 21. Vista del LCD Hitachi HD44780.....	26
Figura 22. Vista del pulverizador SOLO 425.....	26
Figura 23. Vista de la batería FP 1212.....	27
Figura 24. Vista del interfaz IDE.....	28

Figura 25. Vista general del esquema del sistema prototipo de control para el mezclado	29
Figura 26. Diseño del circuito control del prototipo para el mezclado.....	32
Figura 27. Flujoograma del prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático	35
Figura 28. Continuación del flujoograma del prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático.....	36
Figura 29. Continuación del flujoograma del prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático.....	37
Figura 30. Vista general del esquema final del prototipo para el monitoreo de la temperatura y humedad relativa	38
Figura 31. Diseño del circuito para el monitoreo de temperatura y humedad relativa	39
Figura 32. Flujoograma del prototipo para el monitoreo de temperatura y humedad relativa.....	43
Figura 33. Esquemmatización de los prototipos de control para mezclado y monitoreo del proceso de la fumigación manual en plantaciones de cacao	44
Figura 34. Prototipos en el campo de la Comuna Flor del Valle	45
Figura 35. Indicador de ph de la mezcla realizada	48
Figura 36. Prueba de la mezcla realizada en el prototipo	49
Figura 37. Muestra la medición de voltaje	49
Figura 38. Nivel de descarga de la batería en el tanque de mezcla	51
Figura 39. Nivel de descarga de la bateria en el pulverizador manual.	55

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de descarga en la batería.....	50
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja técnica de la tarjeta ARDUINO UNO	66
Anexo 2. Hoja técnica del Sensor de humedad y temperatura DHT-22.....	68
Anexo 3. Hoja técnica del Sensor ultrasónico HC- SR04.....	71
Anexo 4. Hoja técnica de la Electroválvula STC 2P025	73
Anexo 5. Hoja técnica del LCD Hitachi HD44780	74
Anexo 6. Hoja técnica del pulverizador SOLO 425	76
Anexo 7. Hoja técnica de la batería FP1212	80
Anexo 8. Programación del sistema para el proceso de mezclado automático en las plantaciones de cacao.....	82
Anexo 9. Programación para el sistema de control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual.....	85
Anexo 10. Galería de fotografías del proceso de construcción del prototipo para el proceso de mezclado en las plantaciones de cacao.....	88
Anexo 11. Galería de fotografías del proceso de construcción del prototipo para el control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual.....	90
Anexo 12. Certificación de presentación del proyecto de tesis al MAGAP	91
Anexo 13. Manual de uso.....	92

RESUMEN

Mediante el desarrollo de este proyecto se implementó un sistema prototipo de control para el beneficio en el proceso de fumigación manual en las plantaciones de cacao de la Comuna Flor del Valle, de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Este proyecto servirá para que los pequeños agricultores de la zona logren dosificar correctamente, cuidar la salud, minimizar el riesgo por contaminación con el agroquímico y desperdicios del mismo los cuales afectan al medio ambiente y a su entorno.

Este sistema prototipo de control cuenta con dos partes: la primera parte integra un tanque de mezcla automático, que posee un sistema de dosificación del agroquímico, un control para el nivel del agua, un agitador para la mezcla y su respectiva transferencia hacia la bomba de fumigación manual. Dentro de su estructura se encuentran elementos principales como: sensores ultrasónicos, sensores infrarrojos, motor de corriente continua, bomba para transferencia de fluidos, luces para avisos, pantalla de visualización de datos (display LCD), batería de 12 voltios y electroválvulas, logrando controlar la concentración del agroquímico.

La segunda parte es el control de la bomba de fumigación manual mediante el monitoreo de la temperatura y humedad relativa presente en las plantaciones de cacao, están acoplados elementos principales como: sensor de temperatura y humedad relativa, luces para avisos, pantalla de visualización de datos, batería de 12 voltios, electroválvula de control para el bloqueo y desbloqueo del funcionamiento del pulverizador, cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas para la fumigación.

ABSTRACT

Through developing this project a prototype control system for the benefit in the process of manual spraying cocoa plantations Flower Valley Commune of the Province of Santo Domingo de los Tsáchilas implemented. This project will help small farmers in the area to achieve dose correctly, health care, minimize the risk for contamination with agrochemicals and waste there of which affect the environment and to their environment.

This prototype control system has two parts: the first part integrates automatic mixing tank, which has a dosing system agrochemical control for water level, an agitator for mixing and transfer to the respective pump manually spraying. Inside its structure are major elements as: ultrasonic sensors, infrared sensors, DC motor, fluid transfer pump, lights for warnings, data display (LCD display), 12-volt battery and solenoid, making control the concentration of the chemical.

The second part is the pump control manual spraying by monitoring temperature and relative humidity present in cocoa plantations are coupled main elements such as sensor temperature and relative humidity, lights for warnings, display data, 12 volt battery, and solenoid control for locking and unlocking operation of the sprayer when the environmental conditions are not suitable for fumigation.

INTRODUCCIÓN

A través del desarrollo de este proyecto, se pretende tecnificar los procesos de fumigaciones manuales en las plantaciones de cacao, logrando dosificar correctamente el agroquímico, usar adecuadamente el equipo y el monitoreo de las condiciones ambientales. El presente estudio se realiza desde un punto de vista teórico-práctico, por lo que se desarrolla el sistema de forma teórica, pero también se realiza el diseño, el montaje y la programación del prototipo para poder comprobar el correcto funcionamiento.

El trabajo de titulación se encuentra dividido en 4 capítulos que son:

Capítulo 1: Estudio del problema

Aquí se plantean las razones que motivaron a realizar este proyecto en la medida en que se detallaron antecedentes, justificación, tema, objetivo general, objetivos específicos y beneficiarios.

Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se realiza la argumentación teórica sobre la importancia del cacao en la zona, el proceso de cultivo de esta fruta de origen tropical, factores climáticos para su cultivo, el uso de agroquímicos y las técnicas de aplicación de dichos agroquímicos en la plantación, así como la afectación en la salud de los trabajadores.

Capítulo 3: Descripción del hardware y software

En este capítulo se describe los diagramas de hardware, los componentes físicos, el software utilizado y el diseño e implementación para la construcción del sistema prototipo de control para mezclado y monitoreo del proceso de fumigación manual.

Capítulo 4: Pruebas y resultados del sistema prototipo de control

En este capítulo se presentan las pruebas y resultados de funcionamiento del sistema prototipo de control para determinar su aplicación. Además incluye detalles del costo, conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO 1.

ESTUDIO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Las deficientes técnicas que utilizan los agricultores del campo en la Comuna Flor del Valle de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas para realizar las mezclas de los agroquímicos que se emplean para fumigar las plantaciones de cacao y las leves variaciones climáticas que se presentan en dicho lugar, han provocado que la salud de los agricultores se vea afectada de una manera significativa, provocando síntomas muy comunes como intoxicaciones, fiebres, dolores de cabeza, vómitos, mareos, alergias, problemas respiratorios, gripes, molestias en la piel. Además de generar contaminación ambiental por el uso inadecuado de los agroquímicos.

Mediante el desarrollo de un sistema de mezclado, monitoreo y control se pretende tecnificar los procesos de fumigaciones manuales en las plantaciones de cacao, para lograr, en un primer paso, la optimización del uso del agroquímico y del agua, realizar la mezcla homogénea y el despacho a la bomba de fumigación manual. En un segundo paso, se planifica monitorear las condiciones climáticas (temperatura y humedad relativa) para que éstas sean favorables. De no ser así, se suspenderá automáticamente el funcionamiento de la bomba para que el pequeño agricultor de campo proteja su salud e integridad y evitar contaminar su ambiente por el mal uso de las bombas de fumigación manuales.

1.2. Justificación

La oportunidad de mejorar los ingresos económicos promueve que muchos agricultores se dediquen a trabajar en las plantaciones de cacao en la Comuna Flor del Valle de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. Durante este ciclo de producción del cacao, es necesario el uso de agroquímicos para la fumigación; los cuales si no se manejan técnicamente provocan daños significativos en la salud de las personas, accidentes y afectación al ambiente debido a un bajo nivel de formación y a la falta conocimiento por parte los agricultores acerca de los riegos que provocan las fumigaciones

El presente proyecto se enfocará en crear un sistema prototipo de mezclado, monitoreo y control para el proceso de fumigación manual que será de gran utilidad en el sector agrícola de la Comuna Flor del Valle de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. La propuesta se enfocará en la mejoría de las condiciones laborales, la productividad y sobre todo la calidad de vida de los agricultores; a través de la tecnificación de los equipos para la fumigación. El objetivo del desarrollo de un sistema prototipo de mezclado es monitorear y control para el proceso de fumigación manual el cual es de considerable utilidad para realizar labores antes ejecutadas manualmente. Con la realización de estas labores de forma automatizada se conseguirá desarrollar la agricultura de precisión mediante la innovación tecnológica que actualmente se está ampliando en el país.

1.3. Tema

Desarrollo de un sistema prototipo de control para mezclado y monitoreo del proceso de fumigación manual en plantaciones de cacao de la Comuna Flor del Valle-Santo Domingo de los Tsáchilas.

1.4. Objetivo general

- Desarrollar un sistema prototipo de control de mezclado y monitoreo de la temperatura y humedad relativa en el proceso de fumigación manual en plantaciones de cacao para mejorar las condiciones laborables y la calidad de vida de los agricultores en la comuna Flor del Valle-Santo Domingo de los Tsáchilas, en el año 2015.

1.5. Objetivo específico

- Recopilar información necesaria de guías, procesos, condiciones ambientales y usos de agroquímicos acerca de la fumigación manual que se manejan en las plantaciones de cacao en la comuna Flor del Valle-Santo Domingo de los Tsáchilas, para tener conocimiento de las técnicas que usan los agricultores y de las características ambientales en dicha zona.

- Desarrollar un sistema prototipo de mezclado de agroquímicos y monitoreo de las condiciones ambientales, temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual para mejorar las condiciones laborables y la tecnificación de los equipos que utilizan los agricultores en la fumigación.
- Evaluar el correcto funcionamiento del sistema prototipo de mezclado de agroquímicos y monitoreo de las condiciones ambientales temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual para dosificar correctamente el agroquímico en las plantaciones de cacao en la Comuna Flor del Valle en la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en el año 2015.

1.6. Beneficiarios

- Este proyecto tiene como principales favorecidos a los pequeños agricultores de la Comuna Flor del Valle de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas.

CAPÍTULO 2.

MARCO TEÓRICO

2.1. Importancia del cacao en la Comuna Flor de Valle

Dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se localiza La Comuna Flor del Valle que se encuentra exactamente situada en la Vía Quinindé Km 48, junto al río Blanco. Cita en el cantón La Concordia, la comuna es conocida por los beneficios de las plantaciones del cacao para pequeños y medianos agricultores quienes se dedican a producir este delicado producto. En esta zona, durante el transcurso de los años se ha comprobado que este negocio es base del sustento familiar y la vía para lograr superar de alguna manera el subdesarrollo.

Actualmente la región cuenta con un laboratorio artesanal perteneciente al Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP), que apoya con recursos agrícolas, capacitaciones técnicas y además se efectúa la producción de bioinsumos para los cultivos de la zona especialmente para las plantaciones de cacao, como se indica en la Figura 1.

Plantaciones de Cacao



Figura 1. Plantaciones de cacao en la Comuna Flor del Valle
Elaborado por: Diego Molina

2.2. El proceso de cultivo del cacao en la zona

El proceso de cultivo de cacao consta de varias fases que se detalla a continuación:

- Comienza con la selección de las mejores semillas para desarrollar patrones sobre los cuales, a la edad de los 2 meses, se realiza un injerto de ramas. (Quirola, 2007)
- Después de 45 días, las plantas injertadas están preparadas para ser replantadas en un área puntual de siembra o vivero la cual debe ser preparada con anterioridad.
- El área de cultivo debe contar con suelos aptos para ser labrados y nivelados con estructura que disponga de regadío y desagüe. Siempre tomando en cuenta las labores futuras del cultivo en la misma superficie. (Quirola, 2007)
- Es primordial que en las plantaciones de cacao existan cultivos de plátano o de especies de plantas de gran tamaño, para proporcionar sombra al cultivo del cacao y que éste logre adaptarse y crecer.
- Cuando las plantas de cacao ya se encuentran desarrolladas es esencial retirar las plantaciones que le ayudaron a crecer; es el instante adecuado para efectuar podas a todas las plantas que ayudaron al crecimiento de la misma. Con esto se logra que la planta sea fija para soportar su fruto. (Quirola, 2007)
- Desde que los injertos de cacao son sembrados en el área de cultivo, es necesario realizar el cuidado de los mismos mediante fumigación, abonos, podas y tratamientos agrícolas para garantizar el cuidado de la planta hasta que pueda desarrollarse, se adapte y crezca.
- Cuando la planta se encuentra desarrollada, se debe cuidar de las enfermedades, plagas y de varios factores que pueden dañarla.
- En un tiempo estimado de tres años, se consigue la primera recolección del fruto, al siguiente año se garantiza una producción entre 50 a 60 costales por cultivo cada año, pero esta producción se dará si se maneja un plan de riego y fumigación constante. (Quirola, 2007)
- La recolección del fruto se ejecuta obedeciendo la coloración y la etapa del cacao. La etapa de cosecha requiere un gran conjunto de personas para continuar con las siguientes fases. (Quirola, 2007)

2.3. Factores climáticos para el cultivo del cacao en la zona

Las condiciones ambientales que se presentan en la Comuna Flor del Valle son ideales para el cultivo del cacao. De acuerdo al INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología) la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas se encuentra en el rango de entre 22°C a 28°C de temperatura y entre 96% a 75% de humedad relativa dependiendo del estado del clima de la zona.

Según la Agrocalidad/MAGAP (2012) las condiciones climáticas que deben manejarse para el cultivo del cacao son primordiales (Ministerio del Ambiente, 2012), por lo cual proponen lo siguiente:

2.3.1. Temperatura

La mejor temperatura media anual para el cultivo comercial del cacao se ubica en 25°C. Un rango de temperatura media mensual entre 24°C y 26°C es óptimo para su producción económica. Zonas con temperaturas medias mensuales superiores a 31°C e inferiores a 20°C no son aptas para la producción comercial del cacao. (Ministerio del Ambiente, 2012)

2.3.2. Humedad Relativa

Promedios de humedad relativa entre el 70% y 85% son normales para las huertas de cacao. Si el promedio es superior al 85% aumenta los riesgos de la incidencia de enfermedades y la presencia de las plantas parásitas que viven del árbol y con promedios inferiores al 70% de humedad relativa, las plantas pierden más agua por transpiración siendo una desventaja. (Ministerio del Ambiente, 2012)

2.4. Plagas y enfermedades en el cultivo del cacao

Las plagas son insectos dañinos que destruyen a la planta del cacao pero son controlables con la utilización de productos agroquímicos.

Las principales plagas (CanaCacao, 2014) que se presentan en las plantaciones de cacao son:

- Áfidos
- Ácaros

- Cápsidos de Cacao o Monalonia (Monalonia braconoides)
- Salivazo (Clastoptera globosa)
- Chinchas
- Trips
- Barrenadores del fruto del grupo Marmara
- Crisomélidos
- Escolitidos
- Joboto (Phyllophaga sp.)

Por lo general, las enfermedades del cacao causan más pérdidas al agricultor que las plagas debido a que destruyen las mazorcas de una plantación en un momento dado. Las principales enfermedades (CanaCacao, 2014) que se presenta en las plantaciones son:

- La Mazorca Negra
- Mal de Machete
- Escoba de Bruja
- La Moniliasis

En la Figura 2 se muestra el estado de una planta de cacao afectada por una enfermedad muy conocida llamada escoba de bruja.



2.5. Agroquímicos en el cultivo del cacao

Los agroquímicos son sustancias o mezclas de sustancias en forma líquida o sólida que pueden ser de síntesis química, biológica o producto natural y son usadas para controlar, matar, repeler o regular las plagas o enfermedades presentes en las plantaciones. Como se presenta en la Figura 3.

Agroquímico para control de plaga.



Figura 3. Agroquímico usado en el cacao para control de plaga.

Fuente: ACORD 250EC, (Chemical-Crystal, 2013)

Los agroquímicos son utilizados en el campo para proteger las plantaciones porque pueden producir buenos resultados transitorios en los cultivos. Sin embargo, el uso indiscriminado provoca negativas consecuencias al medio ambiente y a la integridad de los trabajadores que los aplican. Por su toxicidad, un agroquímico tiene la capacidad de inducir alteraciones a la salud, por lo cual, los envases cuentan con una etiqueta de código de colores que permite al trabajar saber el nivel de toxicidad para lograr la adopción de medidas preventivas durante el uso de estos plaguicidas. Como se presenta en la Figura 4.

Toxicológica de los agroquímicos



Figura 4. Clasificación toxicológica de los agroquímicos

Fuente: Color etiqueta de los envases (Cropscience, Bayer, 2011)

2.6. Técnicas manuales de aplicación de los agroquímicos en los cultivos

Las técnicas manuales para la aplicación de los agroquímicos en los cultivos se las realiza mediante varios métodos, con equipos específicos, preparación de la mezcla y aplicación de la mezcla. Como se detalla a continuación:

2.6.1. Métodos para la aplicación

Existen varios métodos de aplicación dependiendo del tipo de agroquímico si es de forma líquida o sólida se usan los métodos (Agropecuaria-OIRSA, 2000):

- Espolvoreo: Consiste en aplicar los agroquímicos en forma de polvo.
- Pulverización y aspersión: Es la manera más común de aplicar los agroquímicos y consiste en poner el plaguicida en forma líquida y fraccionada el volumen en pequeñas gotas.
- Nebulización: Generalmente se utiliza en espacios cerrados como los invernaderos donde los equipos generadores de calor logran que el plaguicida se evapore y llegue al objetivo.

2.6.2. Clasificación de los equipos manuales de fumigación

Según los métodos de aplicación de los agroquímicos, se utilizan diferentes equipos para aplicar los agroquímicos en estado líquido, los equipos manuales de fumigación mas recomendados son los siguientes:

- Pistola o lanza: Es utilizado para cultivos abiertos e invernaderos, estas lanzas están acopladas a un tanque móvil o estático donde ya se encuentra la mezcla del agroquímico. Se requiere de dos agricultores para manipular aquel mecanismo. Dispone de varias capacidades de 10 litros hasta 50 litros de volumen de mezcla. El uso de equipo tipo lanza se muestra en la Figura 5.

Equipo manual de fumigación



Figura 5. Vista general del equipo tipo lanza.

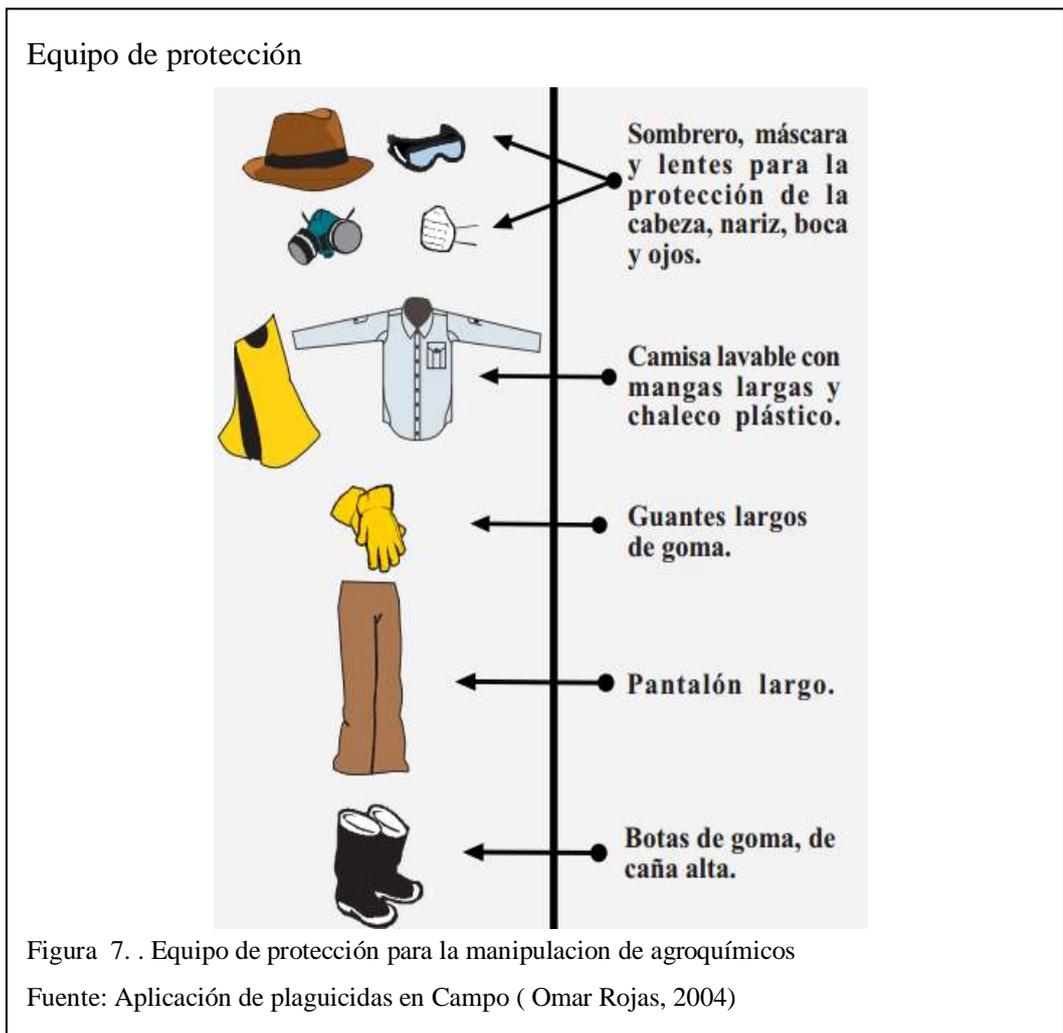
Fuente: Equipo de fumigación tipo pistola (Fundación Argentina, 2010)

- Mochila: Es utilizada al aire libre, se trata de una mochila que transporta en la espalda del trabajador. Es accionada con la mano para obtener la presión de aplicación y dispone de una lanza externa para realizar la dosificación de la mezcla o caldo. Es muy utilizada en sector agrícola, en el mercado se encuentra de varias capacidades que va desde los 10 litros hasta los 30 litros, pero se sugiere la de 15 litros, para evitar exceso de carga al trabajador durante la aplicación de la mezcla en las plantaciones. El pulverizador tipo mochila se muestra en la Figura 6.



2.6.3. Preparación de la mezcla para la aplicación de los agroquímicos

Antes de la preparación de la mezcla o caldo, el trabajador debe utilizar el equipo de protección, para evitar los riesgos de intoxicaciones al estar en contacto con los agroquímicos. El equipo de protección cuenta con la vestimenta que se indica en la Figura 7.



A continuación se presenta las normas de seguridad durante el uso de los agroquímicos recomendadas por la “Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao” (Ministerio del Ambiente, 2012), que son:

- El personal que maneje los plaguicidas debe estar adecuadamente capacitado con respecto al uso y manejo de equipos de protección, manipulación del producto, calibración de máquinas, conocimiento de la toxicidad del producto y los primeros auxilios, no tener problemas de salud y saber que nunca debe ingerir alimentos ni bebidas alcohólicas durante la aplicación.
- Los envases vacíos deber ser sometidos al triple lavado y agujereados en la base para evitar su reutilización. De preferencia deben ser devueltos a la casa comercial. (Ministerio del Ambiente, 2012)

Para la preparación de la mezcla, como medida de seguridad se sugiere leer la información que indica la etiqueta del agroquímico y se debe tomar en cuenta las recomendaciones que se presenta en la Figura 8:

Preparación de la mezcla o caldo



- Abastecernos con la suficiente cantidad de agua para la preparación y aplicación del caldo.



- Revisar nuestros equipos (mochila y boquilla), para evitar fugas y taponamientos. Estos deben estar siempre limpios.



- Preparar nuestro caldo en un lugar bien ventilado, usando lentes, guantes y máscara.



- El balde, la cuchara y los otros utensilios para preparar el caldo sólo deben ser utilizados para ese fin, debes marcarlos para evitar confusiones.

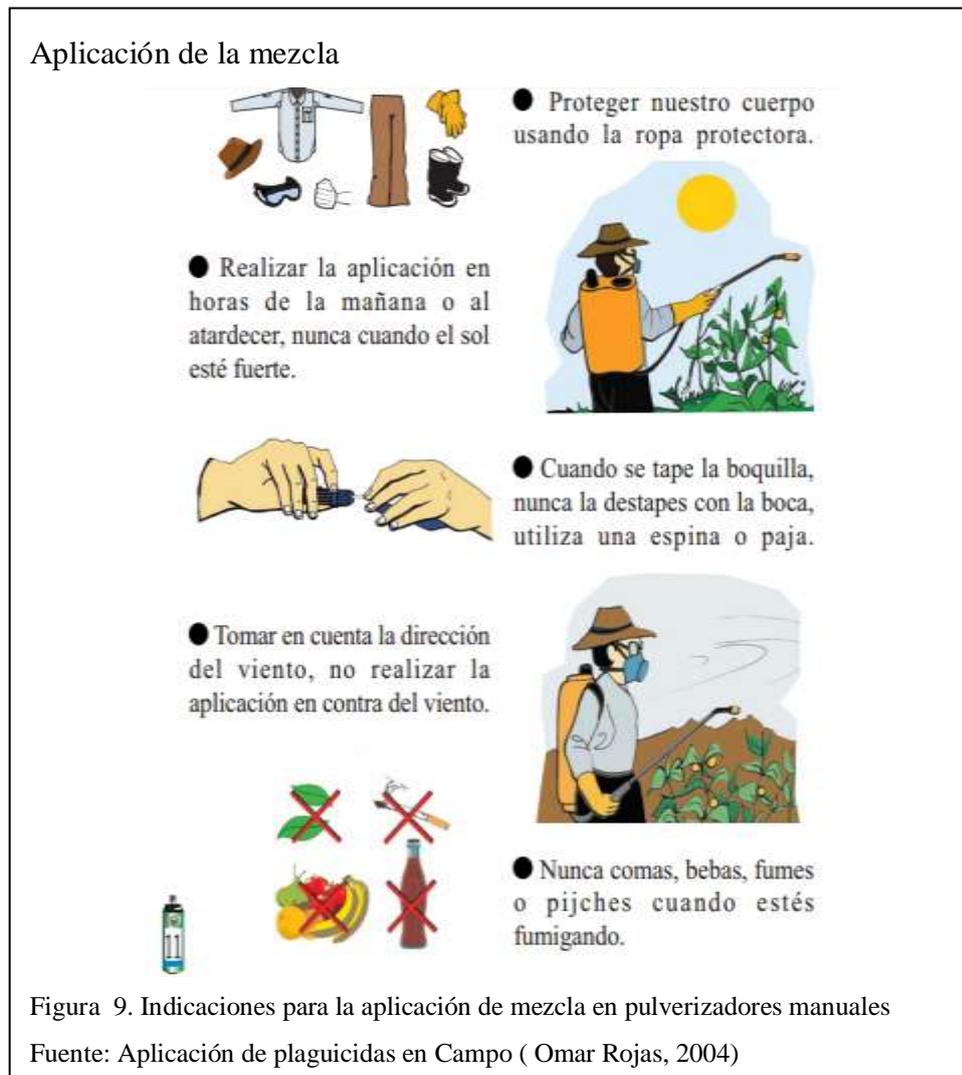
Figura 8. Recomendaciones para la preparación de la mezcla o caldo
Fuente: Aplicación de plaguicidas en Campo (Omar Rojas, 2004)

Para la determinación de la cantidad de mezcla o caldo al prepararse manualmente para la aplicación en los cultivos, se sugiere las siguientes indicaciones:

- Verificar el área del cultivo al aplicarse la mezcla.
- El limitar de área de cultivo a 1 hectárea o un área de 10000 m² para la aplicación de la mezcla en forma manual.
- Se considera de 100 litros a 200 litros de agua por hectárea, para una dosis de 1 litro de agroquímico o plaguicida dependiendo de la concentración del mismo. (Omar Rojas, 2004)

- Agitar la mezcla manualmente con los instrumentos indicados durante un periodo de 5 a 6 minutos, observando la consistencia de la mezcla. (Omar Rojas, 2004)

Para la aplicación de la mezcla mediante las bombas de fumigación manual en los cultivos se sugieren las indicaciones que se muestra en la Figura 9.



Finalizado el proceso de la fumigación se toma las siguientes consideraciones:

- Lavar el equipo de protección en lugares indicados.
- Retirar con cuidado la ropa de protección e inmediatamente lavarlo.
- Tomar un baño después de haber realizado el trabajo
- Guardar todo equipo de fumigación manual en lugar seguro.

2.8. Consideraciones generales para una eficiente pulverización

Para realizar una eficiente pulverización en las plantaciones de cacao se debe considerar algunos factores ambientales para que no se desperdicie el producto y se eviten contaminaciones con el mismo.

Los aspectos a tomar en cuenta son:

- No aplicar la mezcla de los agroquímicos cuando esté presente una precipitación de lluvia.
- Evitar aplicar la mezcla en horas de alta exposición de sol.
- Realizar la aplicación en las primeras horas del día o al atardecer, con poco viento y cuando las condiciones climáticas son favorables.
- El rango del pH del agua debe ser 6,5 a 8,4 para realizar una buena pulverización.
- Respetar siempre las dosis y diluciones recomendadas por las casas de los fabricantes de los agroquímicos.
- Realizar una mezcla homogénea.
- No dejar solución preparada de un día para otro. (Isaac, 2013)

2.9. Afectaciones a la salud que provoca el uso de los agroquímicos

Los agroquímicos o pesticidas utilizados para realizar la fumigación en las plantaciones de cacao son considerados muy tóxicos para nuestro organismo y al medio ambiente. Cuando estos agroquímicos ingresan a nuestro organismo provocan una serie de complicaciones a nuestra salud, detalladas en la Figura 10.

Efectos de los agroquímicos	
Respiratorio	Fibrosis en vías aéreas, bronconeumonías
Piel	Dermatitis de contacto, sensibilización de la piel
Gastrointestinal	Náusea, vómito, diarrea, ictericia (piel amarilla)
Renal	Renal Eliminación de proteínas, aumento de la urea en la sangre
Ojos	Irritación aguda, cataratas
Sangre	Leucopenia, fatiga, anemia

Figura 10. Efectos de los agroquímicos en la salud de las personas
Fuente: Efectos de los agroquímicos, (Miguel Salazar MSc en Seguridad y Salud Ocupacional, 2013)

2.10. Riesgo de estrés térmico en la salud de los trabajadores

Se basa en el índice de la temperatura del globo negro y el termómetro húmedo WBGT, que implica a dos variables climáticas y el efecto de ellas en las personas, donde determina a que temperatura y humedad relativa máxima puede estar sometido el trabajador para realizar una determina tarea, sin que la salud sea afectada. De acuerdo a este índice se puede establecer el límite máximo para estas condiciones ambientales, los valores se puede apreciar a continuación en la Figura 11.

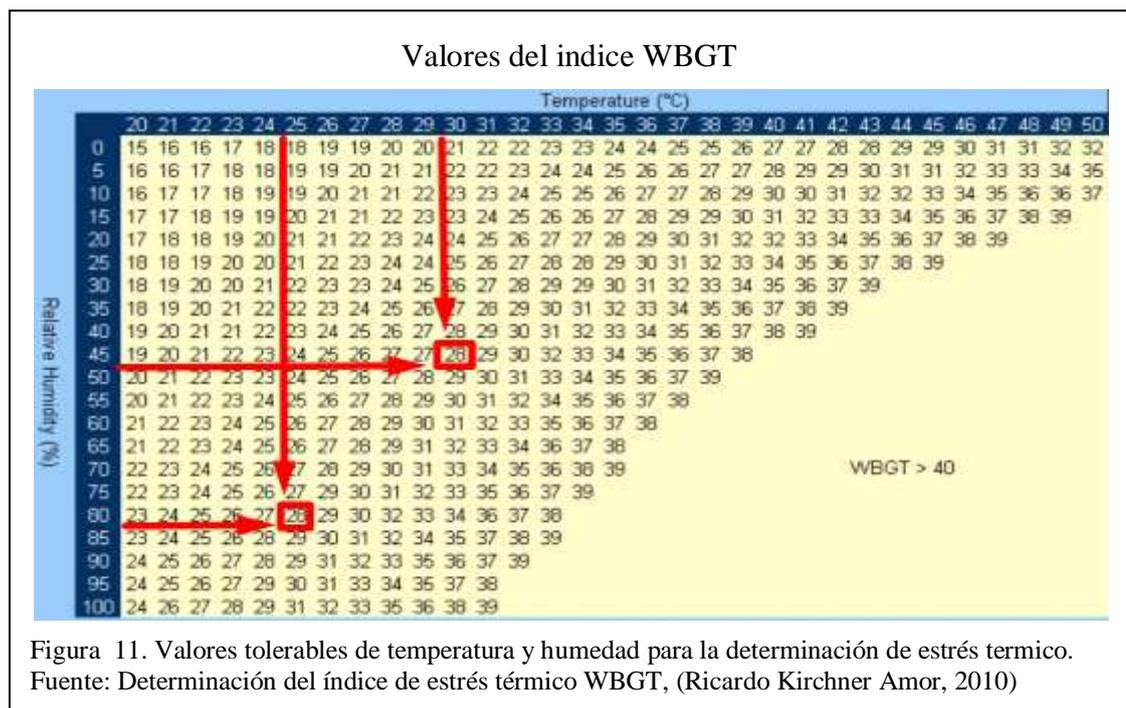


Figura 11. Valores tolerables de temperatura y humedad para la determinación de estrés térmico. Fuente: Determinación del índice de estrés térmico WBGT, (Ricardo Kirchner Amor, 2010)

Por ejemplo: en un ambiente con una temperatura de 30 °C y una humedad relativa de 45%, se tiene un índice de 28, como se muestra en la Figura 11, con ese valor de índice una persona puede realizar una tarea específica, libre de estrés térmico debido que está por debajo del límite establecido que es 40. Esta resistencia de la persona va depender si el ambiente de trabajo es al aire libre o en espacios cerrados para no verse afectada por el estrés térmico.

Pero en zonas cálidas es recomendable que índice no sobrepase de un valor de 30 debido que son ambientes más complicados para realizar una tarea laboral por el impacto que presenta estas dos variables en el trabajador, que llega a deshidratarle rápidamente y afectar a la salud, provocando un mayor el estrés térmico al de realizar una tarea laboral.

CAPÍTULO 3.

DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE, SOFTWARE Y DISEÑO DEL PROTOTIPO

3.1 Introducción

De acuerdo al proceso del manejo en cultivos de cacao, antes de empezar la fumigación manual se debe preparar la mezcla, por ello se decide hacer dos sistemas, uno para la mezcla del agroquímico con el agua y otro sistema para el monitoreo y control en la bomba de fumigación manual mediante la temperatura y humedad relativa presente en el ambiente.

En la Figura 12, se presenta el diagrama de bloques del prototipo para el proceso de mezclado, se indica de manera simplificada como va estar constituido el prototipo.

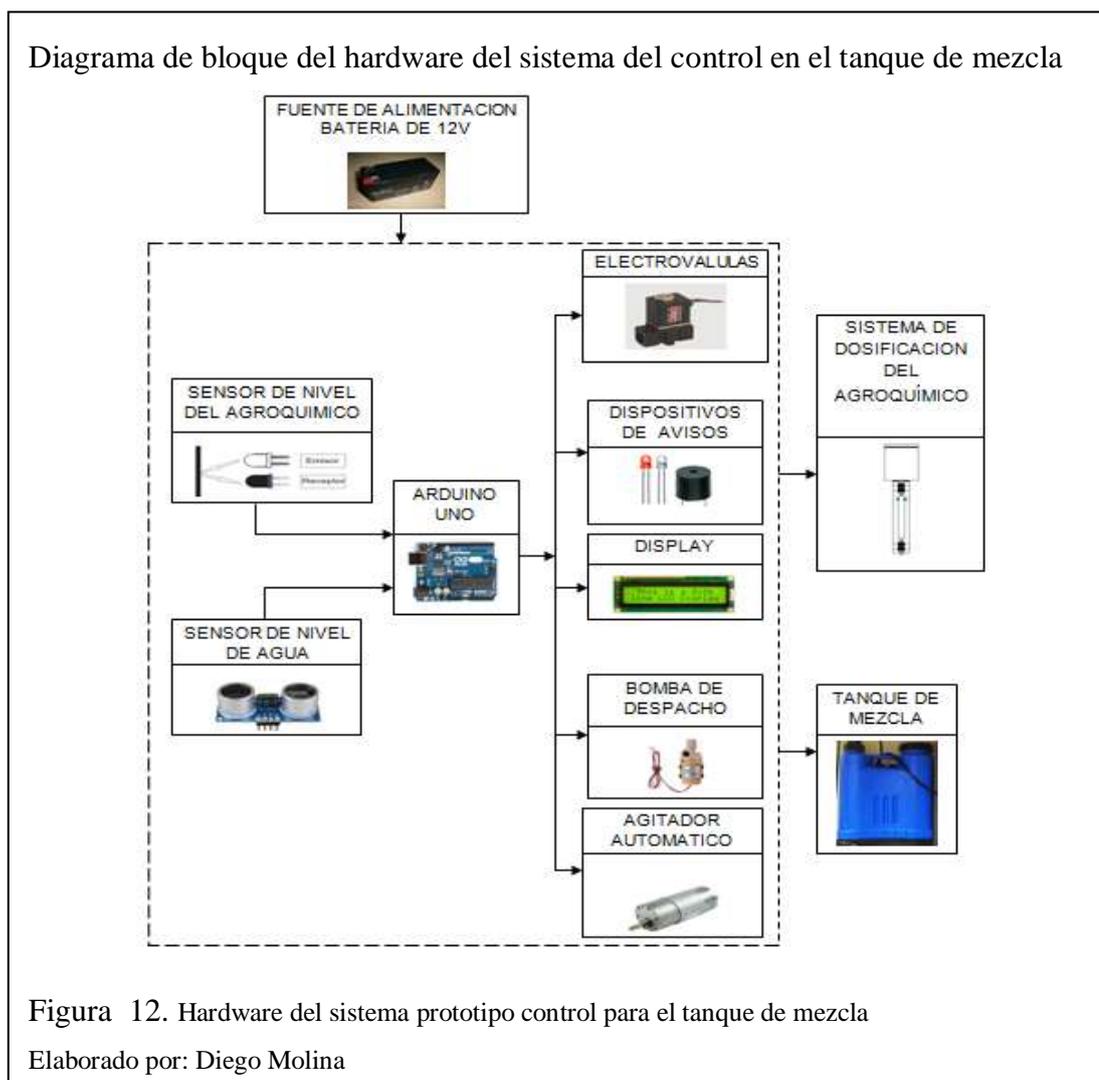
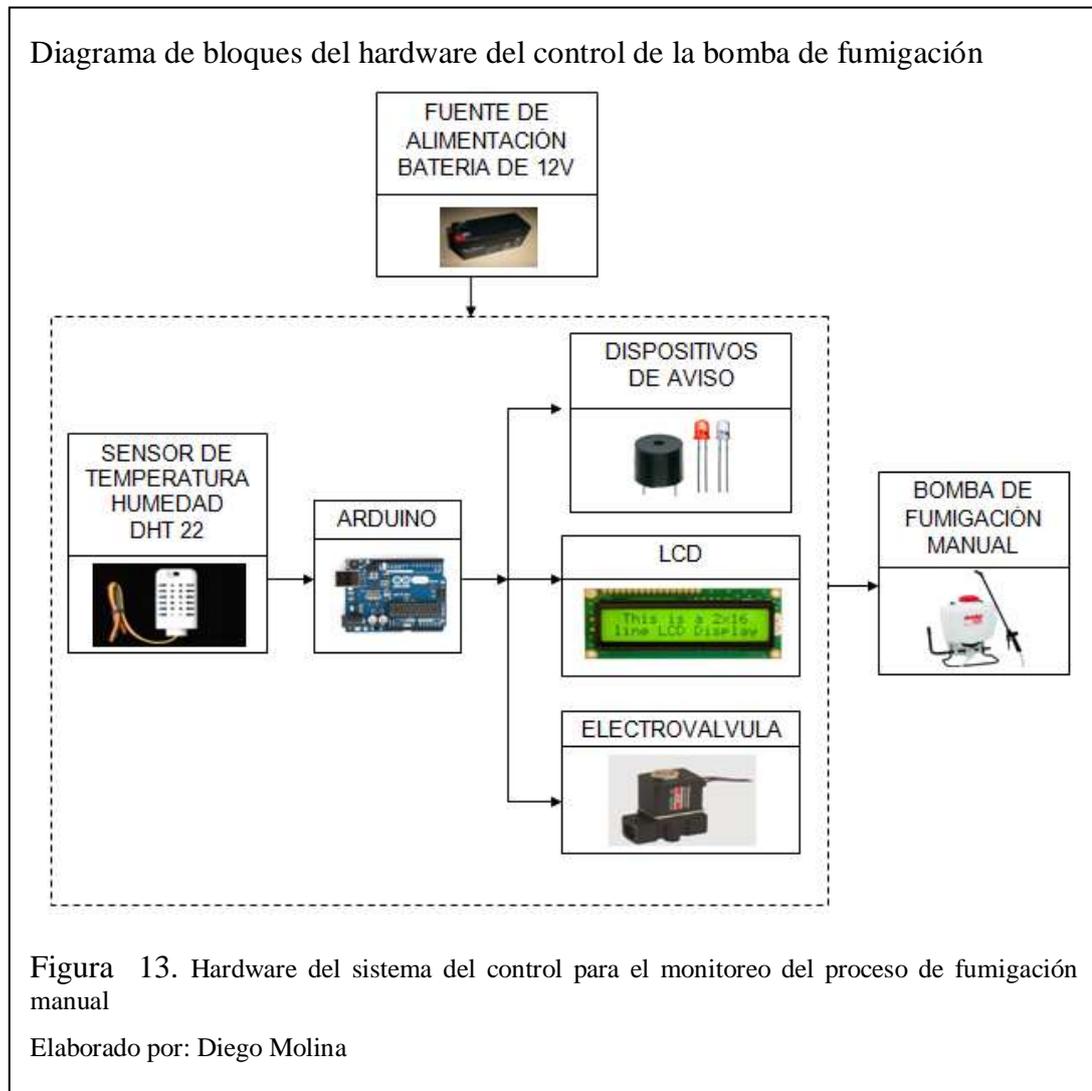


Figura 12. Hardware del sistema prototipo control para el tanque de mezcla

Elaborado por: Diego Molina

En la Figura 13, se presenta el diagrama de bloques para el control de la bomba de fumigación manual mediante el monitoreo de la temperatura y humedad relativa. En el cual se indica como va estar establecido el prototipo de manera general.



3.2. Hardware del sistema prototipo de control

En base a los diagramas de bloques presentados en los Figuras 12 y 13 se proponen los componentes físicos que permitirán realizar la implementación del sistema prototipo de control para el proceso de fumigación manual.

Para lo cual se detallará criterios de selección y especificaciones técnicas de los dispositivos, que se describen a continuación:

3.2.1. Tarjeta de control Arduino UNO

Para la realización del proyecto, la tarjeta de control recomendada se denomina Arduino UNO, debido que es una plataforma de hardware y software libre. Es conveniente usarla en prototipos de prueba, por su bajo costo y de fácil adquisición en el mercado local.

El software de programación de la tarjeta cuenta con ambiente integrado de desarrollo (IDE), que permite un mejor diseño en los programas y se lo puede descargar de forma gratuita a través de la web.

Además el software se basa en el lenguaje de programación Processing/ Wiring, que permite editar, copilar, simular y programar de manera rápida y en menor tiempo.

La tarjeta de control propuesta se muestra en la Figura 14:



Las principales características técnicas del Arduino UNO se encuentran en la Tabla 1. Sus especificaciones se detallan en el Anexo 1.

Tabla 1. Características técnicas de la tarjeta de control Arduino UNO

Micro controlador	ATmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada	7-12V
Voltaje de Salida	6-20V
Pines de I/O	14 (Las cuales 6 sirven de PWM salida)
Pines analógicos I	6
Corriente DC para Pines I/O	40 mA
Corriente DC para Pines de 3.3V	50 mA

Nota: Elaborado por Diego Molina

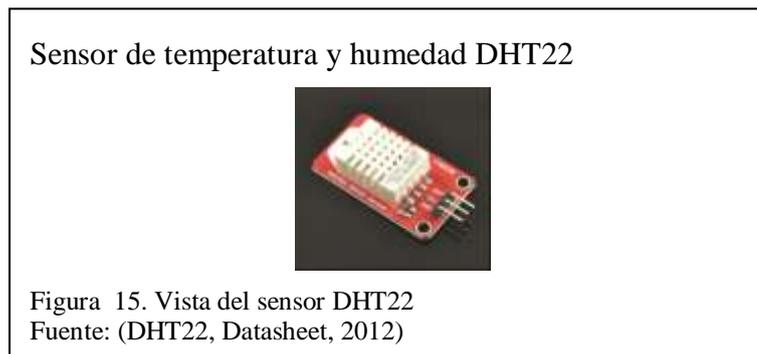
3.2.2. Sensor digital de temperatura y humedad de relativa DHT22

El DHT22 es un sensor de tipo digital, que permite realizar la medición de temperatura y humedad en tiempo real, es de bajo consumo de energía, es resistente y aplicable en ambientes externos, tiene rangos de medidas amplias y de mayor resolución.

Este sensor no necesita de un circuito de acoplamiento adicional para la conexión con la tarjeta Arduino UNO, se la realiza directamente entre los dos dispositivos. La compatibilidad del sensor con la tarjeta se la realiza mediante las librerías que dispone el software de la tarjeta.

Es adecuado para el monitoreo de la temperatura y humedad relativa que se necesita hacer en el prototipo de la bomba de fumigación, ya que no representa altos costos y es de fácil operación.

El sensor utilizado se muestra en la Figura 15.



Las principales características del sensor DHT-22 utilizado se muestran en la Tabla 2, y la hoja técnica se encuentra en el Anexo 2.

Tabla 2. Características técnicas del sensor DHT-22

Model	AM2302
Power supply	3.3-5.5V
Output signal	Digital signal via 1-wire bus
Operating element	Humidity 0-100% RH; temp. - 40 ~ 80° C
Accuracy	Humidity +- 2% H (Max +- 5% RH); temp. +-0.5° C
Resolution or sensitivity	Humidity 0.1% RH; temp 0.1° C
Repeatability	Humidity +- 1%RH; temp.+- 0.2° C

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.2.3. Sensor ultrasónico Hc-sr04

Es un sensor tipo ultrasónico capaz de detectar objetos presentes y transmitir la distancia de los mismos. La compatibilidad con la tarjeta de control Arduino UNO mediante las librerías, le hace más práctico para desarrollar aplicaciones donde se necesita medir niveles mediante una detección sin contacto con elevada precisión y lecturas estables.

Sera utilizado para determinar el nivel de agua requerido en el tanque automático al momento que empiece a ser llenado con el líquido para realizar el proceso de mezclado para la fumigación manual.

El sensor utilizado se muestra en la Figura 16.



Las principales características del Sensor ultrasónico Hc-sr04 se muestran en la Tabla 3, y la hoja técnica se encuentra en el Anexo 3.

Tabla 3. Principales características del Sensor ultrasónico Hc-sr04

Voltaje de funcionamiento	5V (DC)
Frecuencia de trabajo	40 KHZ
Distancia de detección	2 cm – 450 cm
Disparo de la señal de entrada	TTL pulso 10us
Resolución	0,3 cm

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.2.4. Sensor infrarrojo de emisor y receptor

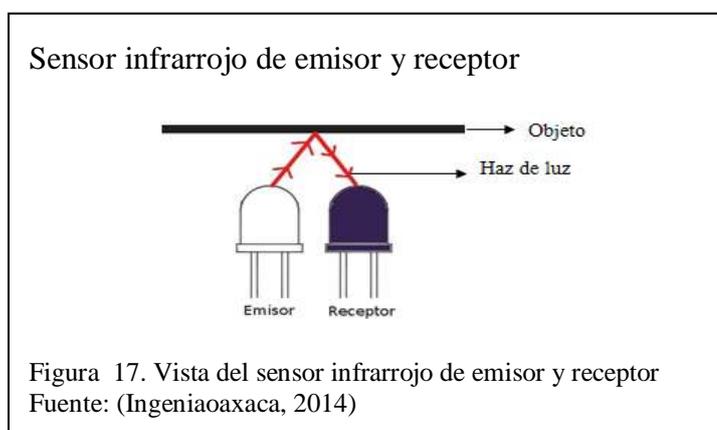
Es un sensor tipo infrarrojo que está conformado por un diodo emisor de luz infrarroja y un diodo receptor fototransistor que reacciona a la luz infrarroja emitida por el emisor para formar entre ellos un haz de luz. De igual manera permite medir aproximación de objetos, pero de diferente modo al momento de que el haz de luz sea bloqueado por un objeto el sensor envía una señal o pulso eléctrico de aviso.

Esta funcionalidad será aprovechada por la tarjeta Arduino UNO para controlar el volumen del químico en el sistema de dosificación del agroquímico implementado en el prototipo de mezclado.

El sensor estará ubicado como se muestra en la Figura 25, permitiendo que cuando el agroquímico se deposite en el sistema de dosificación solo ingrese el volumen indicado hasta que el sensor envíe la señal a la tarjeta Arduino UNO para continuar con los siguientes procesos de funcionalidad.

Este método para determinar a proximidad de líquidos será muy útil en la reducción de costos en la construcción del prototipo.

Como se genera el haz de luz este sensor se muestra en la Figura 17.



3.2.5. Electroválvula STC- 2P025

Es una electroválvula electromecánica, diseñada para el control del ingreso de flujo de líquidos o aire. Es de bajo consumo de potencia, soporta presiones desde 0 a 115 PSI, temperaturas de -10°C hasta 50°C y por lo general esta electroválvula es de tipo normalmente cerrada (NC), que permite el paso del flujo cuando es energizada. La electroválvula utilizada se muestra en la Figura 18.

Electroválvula STC- 2P025



Figura 18. Vista de la Electroválvula STC- 2P025
Fuente: (CORPORATION SIZTO TECH, 2015)

Estas electroválvulas se utilizarán para el control del ingreso del agroquímico en el sistema de dosificación, y de igual manera para el bloqueo y desbloqueo en la bomba de fumigación manual. La tarjeta Arduino UNO será la encargada de enviar las señales para la activación de cada una de ellas en el momento indicado para cumplir su funcionalidad.

Las dimensiones que posee este tipo de electroválvulas, permitieron su aplicación en el prototipo debido que no se dispone de suficiente espacio para otras clases de electroválvulas que existen en el mercado local.

Las principales características de la electroválvula STC- 2P025 se encuentran en la Tabla 4, y la hoja técnica se encuentra en el Anexo 4.

Tabla 4. Principales características de la electroválvula STC- 2P025

Valve Type	2 Way, Normally closed (NC)
Action	Direct Acting (Poppet), R. Time <20ms
CV (Orifice)	0.23 (2mm)
Operating pressure	0 to 115 PSI
Operating Temperature	14-122° F (-20 to 50 °C)

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.2.6. Motor S330012

Es un motor de bajo consumo de potencia con una fuerza nominal de 2.3 Kg.cm² y su estructura es de tamaño reducido. Provee una alta velocidad de giro de hasta 150 revoluciones por minuto (rpm). Para su funcionamiento, solo necesita una fuente de 12 voltios de corriente continua.

Este motor estará acoplado a un modelo de aleta, que en conjunto conforman el agitador automático como se presenta en la Figura 25.

Este mecanismo implementado en el prototipo permitirá realizar la mezcla del agroquímico con el agua de forma automática, haciéndole más funcional en tareas específicas. Logrando que esta acción que se lo realizaba en forma manual por el agricultor pase a ser automático.

El motor utilizado se muestra en la Figura 19.



Las principales características del motor S330012, son descritas en la Tabla 5.

Tabla 5. Principales características del motor S330012

Revoluciones	150 rpm
Voltaje	12 Vcc
Corriente Máxima	800 mA
Fuerza	0,23 N.m
Potencia de Salida	2,6 W
Velocidad nominal	110 rpm

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.2.7. Bomba para el despacho de la mezcla 3M TE087

Es una bomba de bajo consumo de energía. Posee una tasa de flujo de 6.5 lt/min, tiene una vida de funcionamiento de 40000 horas de uso continuo, es de bajo ruido. Su instalación puede ser sumergible o no sumergible.

Esta bomba se utiliza para transferir la solución de la mezcla del tanque automático hacia el pulverizador de fumigación manual. Es ideal su aplicación en el prototipo debido a su tamaño reducido que permite ser acoplado y la gran funcionalidad que la misma posee.

La bomba utilizada se muestra en la Figura 20.



Las principales características de la bomba 3M TE087 se pueden observar en la Tabla 3.6.

Tabla 6. Especificaciones técnicas de la bomba 3M TE087

Toma/salida	Cable Macho 1/2"
Voltaje	12 Vcc
Corriente Máxima	800 mA
Tasa de Flujo Máximo	6.5L/Min
Presión máxima	10 Bar
Altura máxima	3 Metros

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.2.8. Pantalla de visualización de datos LCD Hitachi HD44780

El display LCD Hitachi HD44780 o más conocido como pantalla de cristal líquido es un dispositivo utilizado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres y símbolos.

Este tipo de pantalla permiten crear un interfaz simple para el usuario, la compatibilidad con la tarjeta de control Arduino UNO se la realiza a través de librerías y una de la ventajas de este tipo de pantallas es su bajo costo permite reducir el costo del prototipo.

El LCD Hitachi HD44780 utilizado se muestra en la Figura 21.



La hoja técnica del display LCD se encuentra en el anexo 5.

3.2.9. Pulverizador manual SOLO 425

Es una bomba utilizada por los agricultores para la fumigación manual en las plantaciones del sector agrícola cuando los sembríos no son extensos, tiene una capacidad de 15 litros de carga límite.

Esta marca de pulverizador manual cuenta con varias normas de protección que garantizan el funcionamiento adecuado de la misma. Es sugerida para el prototipo debido a la calidad de pulverizador que la marca SOLO 425 ofrece para estos tipos equipos.

La bomba SOLO 425 utilizada se muestra en la Figura 22.



Las principales características del pulverizador SOLO 425 están en la Tabla 7, y la hoja técnica en el Anexo 6.

Tabla 7. Principales características del pulverizador SOLO 425

Capacidad	15 litros
Presión	6 bar
Peso vacío	4.3 kg
Sistema de bomba	Bomba de émbolo
Volumen del Cilindro	80 cm ³

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.2.10. Batería recargable FP 1212

Es una batería de plomo con capacidad de 12 voltios que proporciona un valor de corriente de 1.3 Ah/20Hr, es de tipo recargable y de larga duración que provee un suministro de energía estable y constante.

La disponibilidad de este tipo de baterías que se encuentra en el mercado local, las dimensiones de la misma y por sus características técnicas presentas en la Tabla 3.8, fue seleccionada para suministrar la energía en el tanque de mezcla automático y en el pulverizador manual.

Debido que el prototipo va ser portable la batería tiene que ser de larga duración, puede ser remplazada por otro tipo de baterías pero con características similares a la batería FP 1212 de marca FirstPower.

La batería FP 1212, utilizada se muestra en la Figura 23.



Las principales características de la batería FP 1212 están en la Tabla 3.8, y su hoja técnica se encuentra en el anexo 7.

Tabla 8. Principales características de la batería FP 1212

Nominal Voltage	12 V
Capacity of current 20HR(10.5V)	1.3Ah
Maximum charging current	0.36A
Maximum discharge current	18A (5 sec.)
Terminal material	Copper
Designed floating life(20°C)	10years
Approx. Weight	0.52kg (1.15lbs)±5%

Nota: Elaborado por Diego Molina

3.3. Software IDE para la programación de la tarjeta Arduino

Arduino contiene un entorno interactivo de programación llamado IDE (Integrated Development Environment), se basa en lenguaje de programación C/C++, y se simplifica con el uso de librerías que proporciona la página oficial de Arduino o las creadas por mismo programador. Es un lenguaje de programación de código abierto.

El interfaz de programación se muestra en la Figura 24.

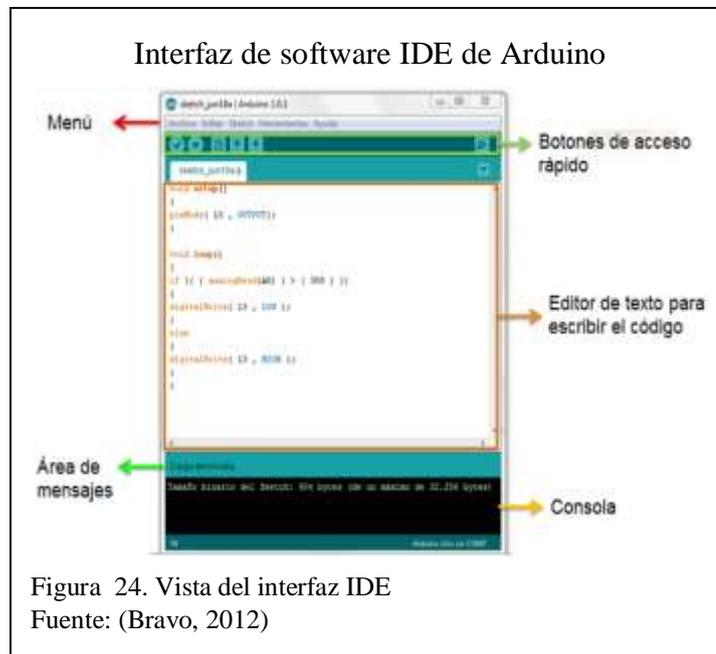


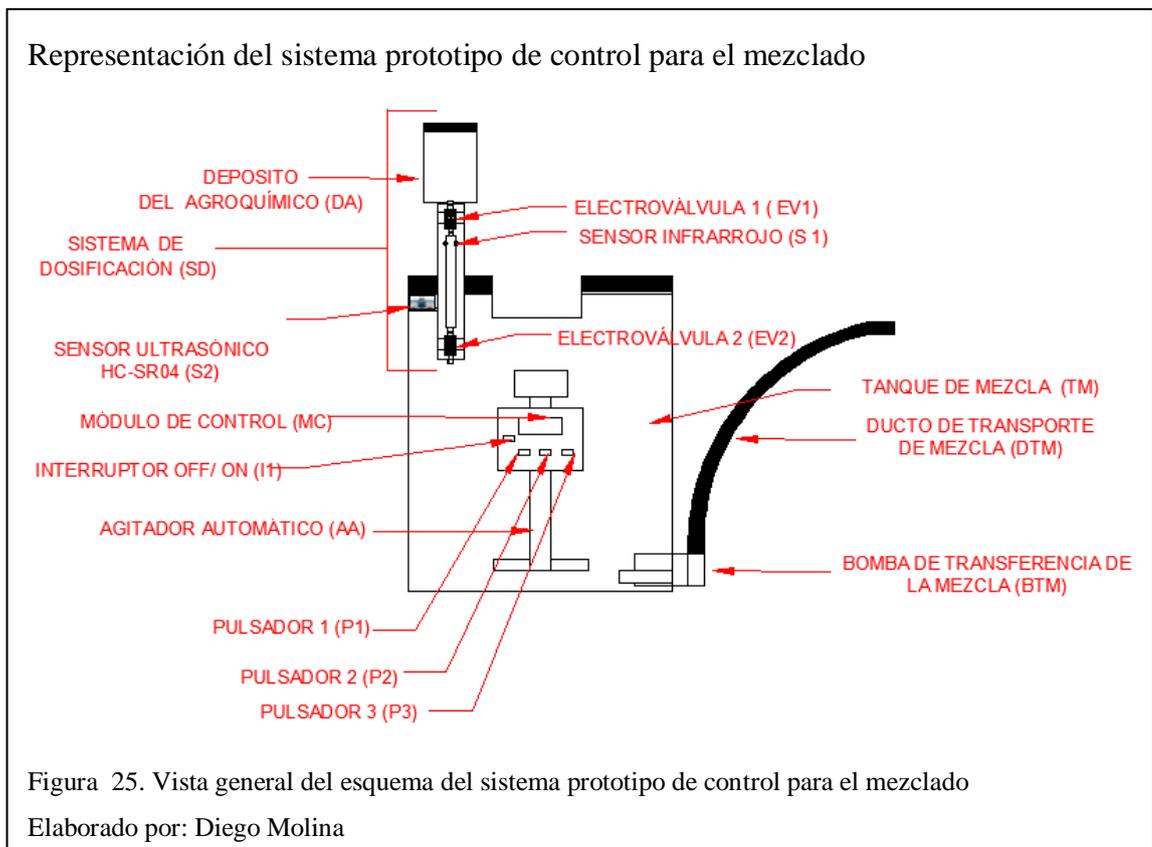
Figura 24. Vista del interfaz IDE
Fuente: (Bravo, 2012)

A continuación, se detallan las partes del interfaz de programación:

- Barra de menú: contiene las opciones de creación del archivo, apertura, guardado de programas, ayuda y herramientas.
- Botón de acceso rápido: permite buscar las opciones de la barra de menú.
- Editor de texto: permite escribir el código y la programación a realizarse.
- Área de mensajes: muestra la información mientras se cargan los programas y además presenta los errores de programación.
- Área de consola: muestra el contenido de salida hacia la tarjeta y los errores de comunicación.

3.4. Diseño del sistema prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático.

Para continuar con el diseño del prototipo, en la Figura 25 se indica un esquema general del sistema de mezclado automático para realizar la mezcla entre el agua y el agroquímico.



De acuerdo al esquema presentado del sistema prototipo de mezclado automático se indica las siguientes abreviaturas que se emplearán para identificar las partes conforman el prototipo.

Las abreviaturas utilizadas son las siguientes:

- Sistema de dosificación (SD)
- Deposito del agroquímico (DA)
- Electroválvula 1 (EV1)
- Sensor infrarrojo (S1)
- Electroválvula 2 (EV2)
- Sensor ultrasónico HC-SR04 (S2)
- Módulo de control (MC)
- Interruptor OFF/ON (I1)
- Agitador automático (AA)
- Pulsador 1 (P1)
- Pulsador 2 (P2)
- Pulsador 3 (P3)
- Tanque de mezcla (TM)
- Ducto de transporte de mezcla (DTM)
- Bomba de transferencia de mezcla (BTM)

Concluido con las abreviaturas se prosigue a detallar el funcionamiento de cada parte que conforman el prototipo, que son las siguientes:

- Tanque de mezcla (TM)

Tiene una capacidad de 15 litros de entrada de agua, para evitar un exceso de sobrecarga en el trabajador y evitar estrés térmico al momento de realizar la mezcla para la fumigación manual en las plantaciones de cacao. Para realizar el proceso de mezclado el prototipo de estar situado en una superficie fija para evitar

En el tanque se encuentra los dispositivos de control como: el sensor ultrasonido, el módulo de control, el agitador, la bomba de despacho y ducto.

- Sistema de dosificación (SD)

Se encuentra acoplado con el tanque de mezcla, tiene un depósito de capacidad de 1000 ml para la carga del agroquímico. De este volumen solo se permite el ingreso de 75ml que es detectado por el sensor infrarrojo de nivel y controlado por la electroválvula EV1, para realizar el despacho del agroquímico al tanque de mezcla se realiza la apertura de la electroválvula EV2.

Para obtener el volumen de agroquímico que se necesita para mezclar con 15 litros de agua se toma de referencia los valores sugeridos en del manual “Fundamentos técnicos para el uso y manejo de plaguicidas”, el cual sugiere que para realizar la fumigación de una 1 hectárea se necesitan 200 litros de agua por un 1 litro de agroquímico (Omar Rojas, 2004).

Se efectúa la conversión mediante la siguiente relación:

200 Litros de agua =====> 1 Litro de agroquímico

15 Litros de agua =====> X litros de agroquímico

Por lo tanto para 15 litros de agua se necesita 75 ml de agroquímico.

- Agitador de la mezcla (AA)

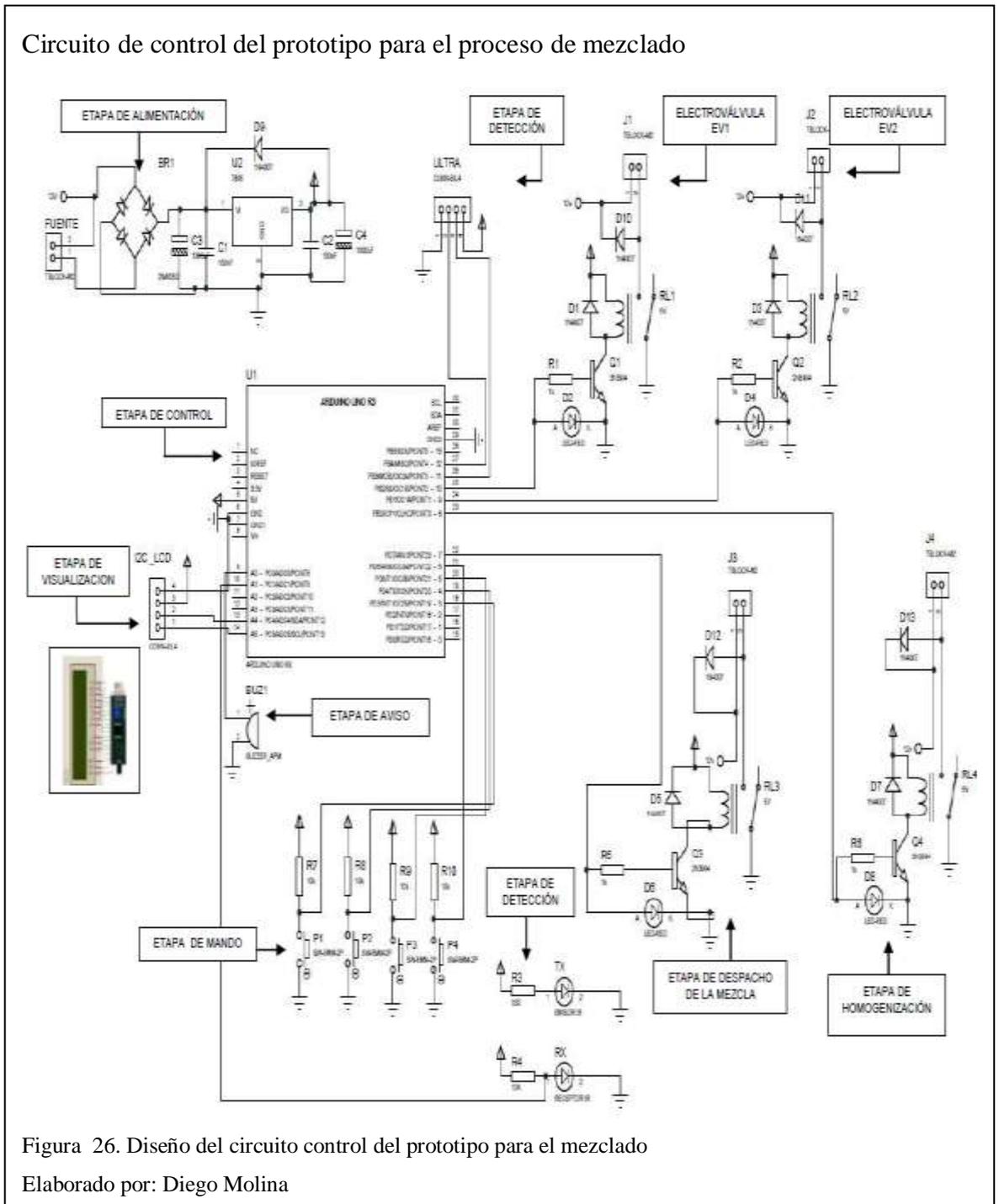
Se localiza en la parte interna del tanque como se muestra en Figura 25, su función es de homogenizar la mezcla entre el agua y el agroquímico, cuando los dos componentes estén depositados. Su estructura principal es el motor DC con el diseño de una aleta, fabricada de fibra acrílica. Para activar esta función el agitador espera la señal de la electroválvula EV2, después de que se haya drenado todo el agroquímico del dosificador al tanque de mezcla.

- Bomba de transferencia de mezcla (BTM)

Se encarga de transferir la solución química del tanque de mezcla hacia el pulverizador de fumigación manual, una vez que el agitador termina de homogenizar la mezcla se procede a activar la bomba de transferencia mediante un pulsador que se encuentra en módulo de control.

3.4.1. Diagrama del circuito electrónico del prototipo de control para el proceso de mezclado en el tanque automático.

Para el control del prototipo de mezclado se presentan las diferentes etapas de funcionamiento del circuito de la Figura 26.



El circuito electrónico para el sistema prototipo de mezclado automático consta de varias etapas que se describen a continuación:

- Etapa de alimentación

En la etapa de alimentación la fuente de energía del prototipo es una batería de 12 V que permite que el que prototipo sea portable y recargable. En esta etapa también se utiliza un regulador de voltaje 7805 de 5V para evitar sobrecargas de tensión en la tarjeta control Arduino, etapas de aviso, visualización y activación de los sensores.

Para las siguientes etapas que implican el control de la bomba, el motor y electroválvulas la fuente de alimentación proporciona los 12 V directamente para el funcionamiento.

- Etapa de control

La tarjeta de control Arduino Uno es la encargada de enviar las órdenes de programación hacia las distintas etapas del prototipo.

- Etapa de visualización

En la etapa de visualización se presenta la conexión del LCD 16X2 con la tarjeta Arduino Uno, para esta conexión se utiliza protocolo de comunicación I2C

- Etapa de aviso

En esta etapa se utiliza un zumbador para emitir señales audibles e indicadores luminosos leds que indican el estado de funcionamiento del prototipo de mezcla automático.

- Etapa de mando

La etapa de mando tiene tres pulsadores P1, P2 y P3. Para el encendido y apagado del prototipo se dispone de un interruptor I1, el pulsador P1 activa la dosificación, el pulsador P2 enciende el agitador y el pulsador P3 envía la señal para el despacho de la solución química.

- Etapa de detección

En esta etapa se encuentra el sensor ultrasónico HC-SR04 que permite la detección y el control de ingreso de la cantidad requerida de agua en el tanque de mezcla que son 15 litros.

Para controlar los 75 ml de agroquímico se utiliza el sensor infrarrojo emisor y receptor que se encuentra en la parte superior del dosificador. Una vez que se corta el

haz de luz por el ingreso del agroquímico se activa la electroválvula EV2 para el drenado hacia el tanque de mezcla, y la electroválvula EV1 se bloquea para evitar el ingreso de más agroquímico.

- Etapa de homogenización

En esta etapa el agitador es un motor de corriente continua acoplado con una aleta para la realización del mezclado del agroquímico con el agua y la homogenización de la solución química se logra temporizando el funcionamiento del agitador.

- Etapa de despacho de la mezcla

En la etapa de despacho de la mezcla se muestra la conexión de la bomba que permitirá realizar la transferencia de la mezcla hacia el pulverizador de fumigación manual para continuar con el proceso de aspersión en las plantaciones de cacao.

3.4.2. Flujograma del prototipo de control implementado en la tarjeta Arduino UNO para el control del proceso de mezclado en tanque automático

A continuación, se presenta el flujograma implementado en la tarjeta de control arduino UNO para el proceso de mezclado en las Figuras 27, 28, 29.

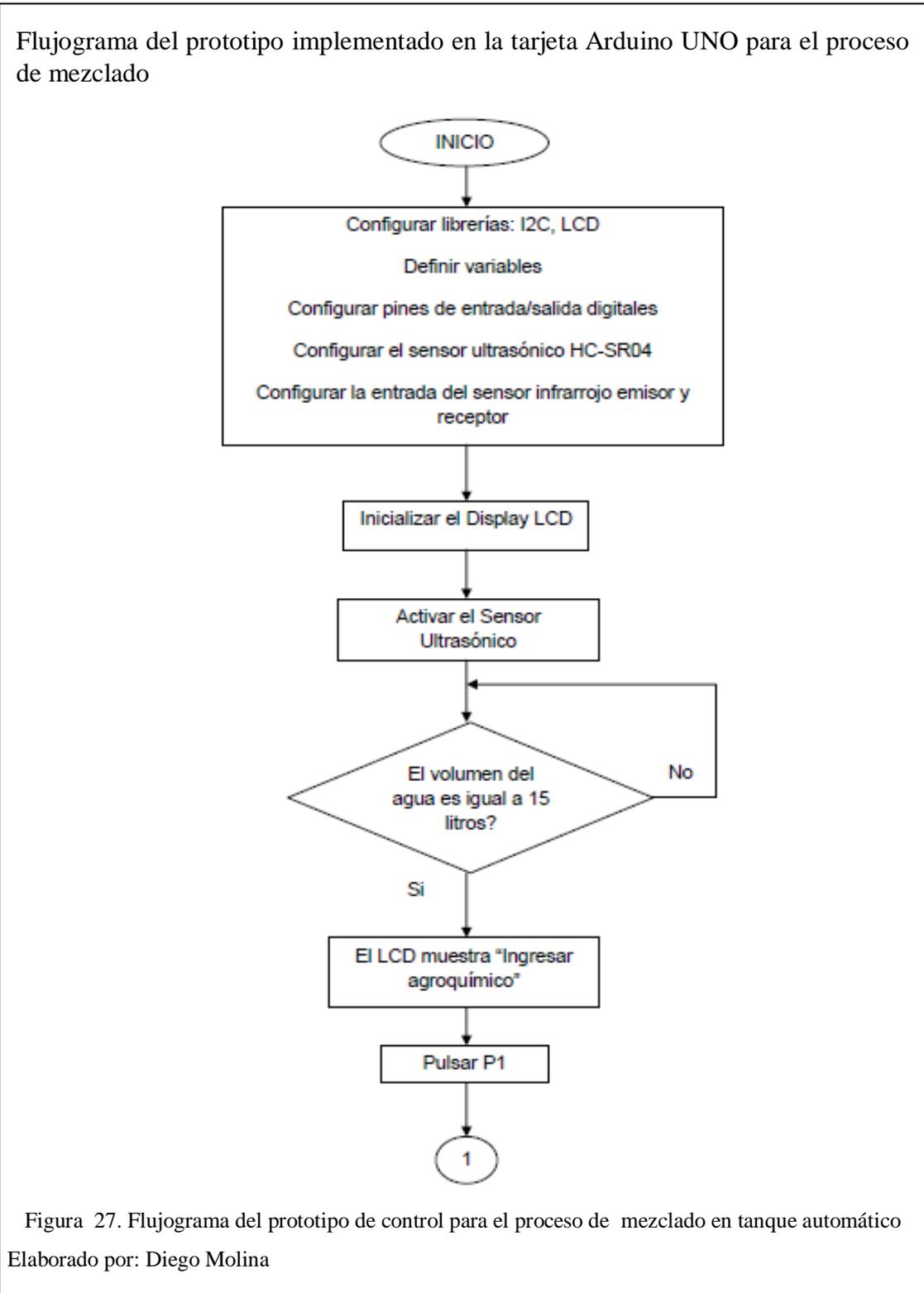


Figura 27. Flujograma del prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático
Elaborado por: Diego Molina

Flujograma del prototipo implementado en la tarjeta Arduino UNO para el proceso de mezclado

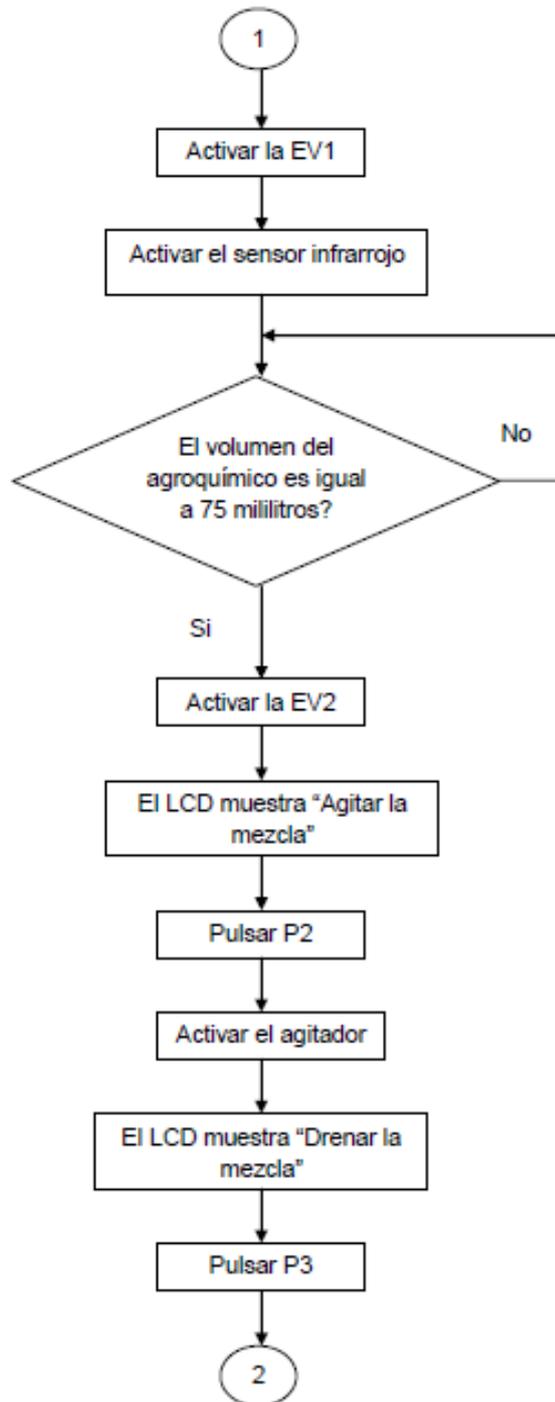


Figura 28. Continuación del flujograma del prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático

Elaborado por: Diego Molina

Flujograma del prototipo implementado en la tarjeta Arduino UNO para el proceso de mezclado

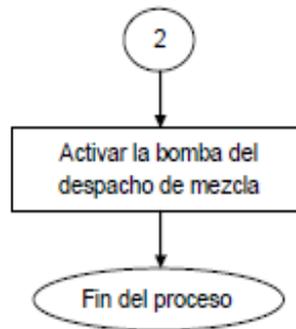


Figura 29. Continuación del flujograma del prototipo de control para el proceso de mezclado en tanque automático

Elaborado por: Diego Molina

En la Figura 27, se describe primeramente la configuración de las librerías a utilizarse, la definición de variables, la configuración de los pines como entradas y salidas y la configuración de los sensores.

Se detalla el proceso del ingreso del agua al tanque con la capacidad de 15 litros, que es supervisada por el sensor ultrasónico y controlado por las señales de alerta hasta que el nivel del agua este completo.

En la siguiente etapa se ingresa de manera manual el agroquímico en el tanque de depósito de capacidad de 1 litro.

El display LCD muestra “Ingresar agroquímico”, con lo cual se inicia el proceso de la dosificación automática del agroquímico, al momento de pulsador P1.

En la Figura 28, se continúa con el proceso. Con el pulso enviado se activa la electroválvula EV1, la cual permite el ingreso del agroquímico al dosificador a una cantidad de los 75 mililitros establecido, este ingreso es controlado mediante el sensor infrarrojo emisor y receptor que se encuentra en el dosificador. Con el nivel completo del agroquímico se envía la señal para el bloqueo EV1 y la activación de la electroválvula EV2, mediante la cual se realiza el ingreso del agroquímico al tanque de mezcla.

El display LCD muestra “Agitar la mezcla”, con este aviso es el momento de activar el pulsador P2, logrando que el agitador que se encuentra incorporado en el tanque

realice la combinación del agroquímico con el agua hasta conseguir una mezcla homogénea mediante un tiempo temporizado de 6 minutos.

El display LCD muestra “Drenar la mezcla”, con esta observación se procede a pulsar P3.

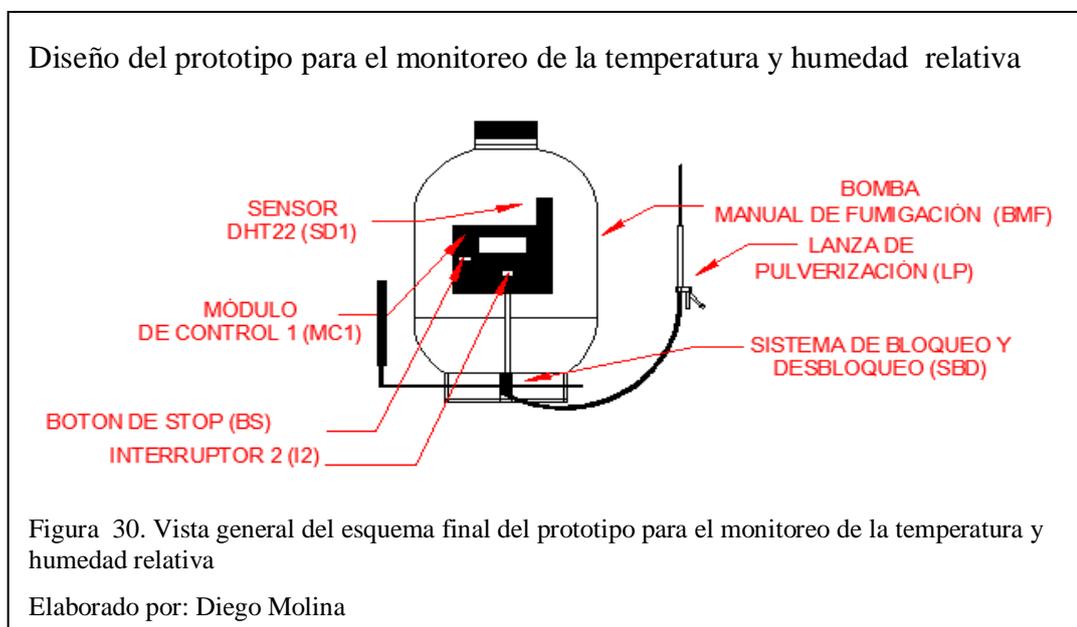
El despacho de la mezcla hacia el pulverizador de fumigación manual se lo realizar a través del ducto de transporte de mezcla (DTM) mediante la activación de la bomba de despacho.

En la Figura 29, se muestra la activación de la bomba y el fin del proceso una vez que sea haya transferido toda la mezcla hacia la bomba de fumigación.

La programación realizada mediante el flujograma propuesto se encuentra en el Anexo 7.

3.5. Diseño del prototipo para control y monitoreo de temperatura y humedad relativa

A continuación se presenta un esquema final del prototipo de control que va ser diseñado e implementado para realizar el respectivo monitoreo de la temperatura y humedad relativa en las plantaciones de cacao, como se indica en la Figura 30.



El prototipo está formado por varias partes, siendo la principal el módulo de control que se presenta en la Figura 30, el cual contiene la tarjeta de control Arduino UNO que es la que permite activar el sistema de bloqueo o desbloqueo en la lanza de

pulverización, mediante el monitoreo de la temperatura y humedad relativa a través del sensor DHT22.

Los datos de temperatura y humedad se muestran constantemente en el display LCD de 16X2, además el sistema de control posee avisos mediante indicadores luminosos leds y zumbadores, que advierte sobre el estado de funcionamiento de la bomba de fumigación.

3.5.1. Diagrama del circuito electrónico del prototipo de control para el monitoreo de temperatura y humedad relativa

Para realizar el control del prototipo se cuenta con las diferentes etapas de funcionamiento que se indican en el circuito de la Figura 31.

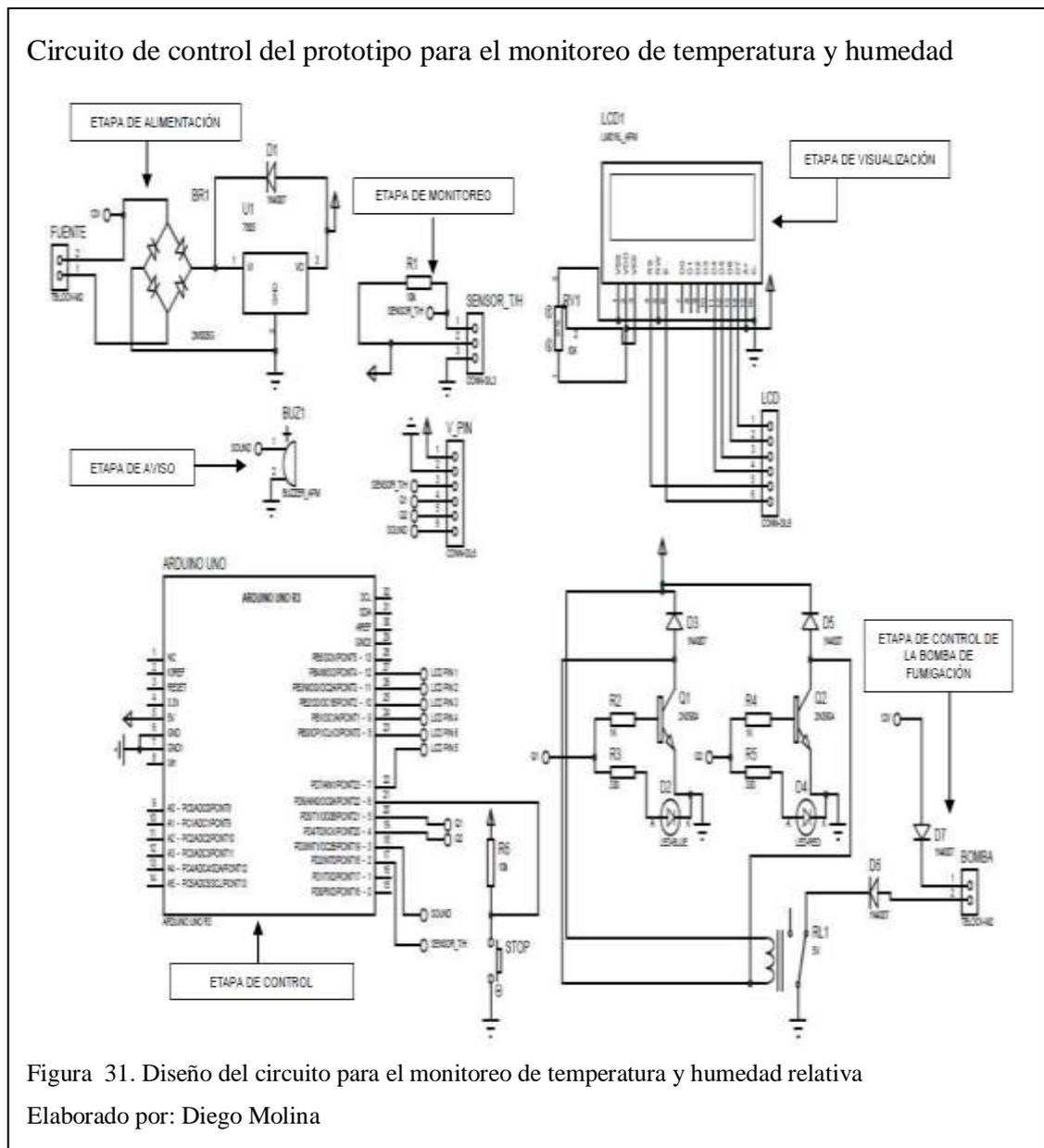


Figura 31. Diseño del circuito para el monitoreo de temperatura y humedad relativa

Elaborado por: Diego Molina

El circuito para el monitoreo de la temperatura y humedad relativa consta de varias etapas que se describen a continuación:

- Etapa de alimentación

La fuente de alimentación del prototipo es una batería de 12 V que permite que el sistema sea portable y recargable. En esta etapa se utiliza un regulador de voltaje 7805 de 5V para evitar sobrecargas de tensión en la tarjeta control Arduino UNO, en la etapa de aviso, en la etapa de visualización y en la etapa de monitoreo.

Para la etapa de control de la bomba de fumigación que implica la activación de la electroválvula la batería proporciona directamente los 12 V para el funcionamiento.

- Etapa de monitoreo

Se muestra la conexión del sensor de DHT-22 con la tarjeta de control Arduino UNO, el sensor entrega una señal digital por lo que no es necesario realizar un acoplamiento externo para tomar medidas sobre la temperatura y la humedad en el ambiente, solo se necesita del pin 3 de la tarjeta de control para el ingreso de las dos variables del sensor y los dos pines restantes del sensor son de alimentación y tierra.

- Etapa de Aviso

Se muestra la conexión del zumbador con el pin 4 de la tarjeta de control, conjuntamente con leds de avisos que se encienden de acuerdo a los límites establecidos para el control de la temperatura y humedad relativa.

- Etapa de Control

Se muestra la conexión de la tarjeta Arduino Uno con las diferentes etapas que componen el sistema de control del prototipo, logrando así mediante la programación enviar las ordenes de funcionamiento a cada etapa y además se muestra la conexión del botón de stop que permite realizar un paro de emergencia a todo el sistema.

- Etapa de Visualización

Se muestra la conexión del display LCD 16x2 con la tarjeta Arduino Uno, en esta etapa la visualización de las dos variables de temperatura y humedad se muestra constantemente y también el estado del sistema.

- Etapa de control de la lanza de pulverización

Se detalla las conexiones que permiten realizar el control en la lanza de pulverización. La conexión de Q1 y Q2 que son los pines que envían la orden para activación o desactivación de la electroválvula mediante el monitoreo que realiza el sensor DHT-22.

3.5.2. Flujograma del prototipo de control implementado en la tarjeta arduino UNO para monitoreo de temperatura y humedad relativa

A continuación, se presenta el flujograma para el prototipo de control que realiza el monitoreo de la temperatura y la humedad relativa, como se muestra en la Figura 32, donde se describe la programación que se ejecutará en el lenguaje IDE de arduino.

En el flujograma presente, contiene abreviaturas que se detalla a continuación:

- Para la Temperatura de Control la abreviatura es: TC
- Para la Humedad Relativa de Control la abreviatura es: HC
- Para la Temperatura de Ambiente la abreviatura es: TA
- Para la Humedad Relativa Ambiente la abreviatura es: HA

El flujograma empieza inicialmente con la configuración de las librerías para el LCD, definición de las variables, configuración de sensor DHT22 y definición de entradas y salidas digitales.

Para definir el valor de la Temperatura de Control- TC y el valor de la Humedad Relativa de Control – HR, se toma de referencia la Figura 2.12 del capítulo 2 acerca de la determinación del índice del estrés termico - WBGT, la cual indica los valores de temperatura y humedad relativa a los que puede estar expuesto el trabajador para evitar perjuicios a su salud.

De acuerdo a los factores climáticos para el cultivo del cacao en la zona que se detallan en el literal 2.3 del capítulo 2, se muestra un rango de temperatura media mensual entre 24°C a 26°C y promedios de humedad relativa entre el 70% y 85%. Por lo tanto se toma como temperatura de control 26°C y el valor de la humedad relativa de control de 85%, sin afectar la salud del trabajador ya que el índice WBGT es menor de 40 como indica la Figura 11.

Los valores de la Temperatura Ambiente -TA y de la Humedad Relativa Ambiente - HA, de la zona son monitoreadas constantemente por el sensor DHT-22.

Si la temperatura ambiente – TA o la humedad relativa ambiente – HA, es mayor a la temperatura de control – TC o a la humedad relativa de control – HC, respectivamente entonces se bloquea la lanza de pulverización a través de la electroválvula, caso contrario el sistema permite la operación y manejo de la bomba de fumigación manual. Además el sistema cuenta con la función de paro de emergencia que permite actuar ante una eventualidad inesperada.

El código de programación se presenta en el Anexo 8

Flujograma implementado en el sistema prototipo para el pulverizador manual

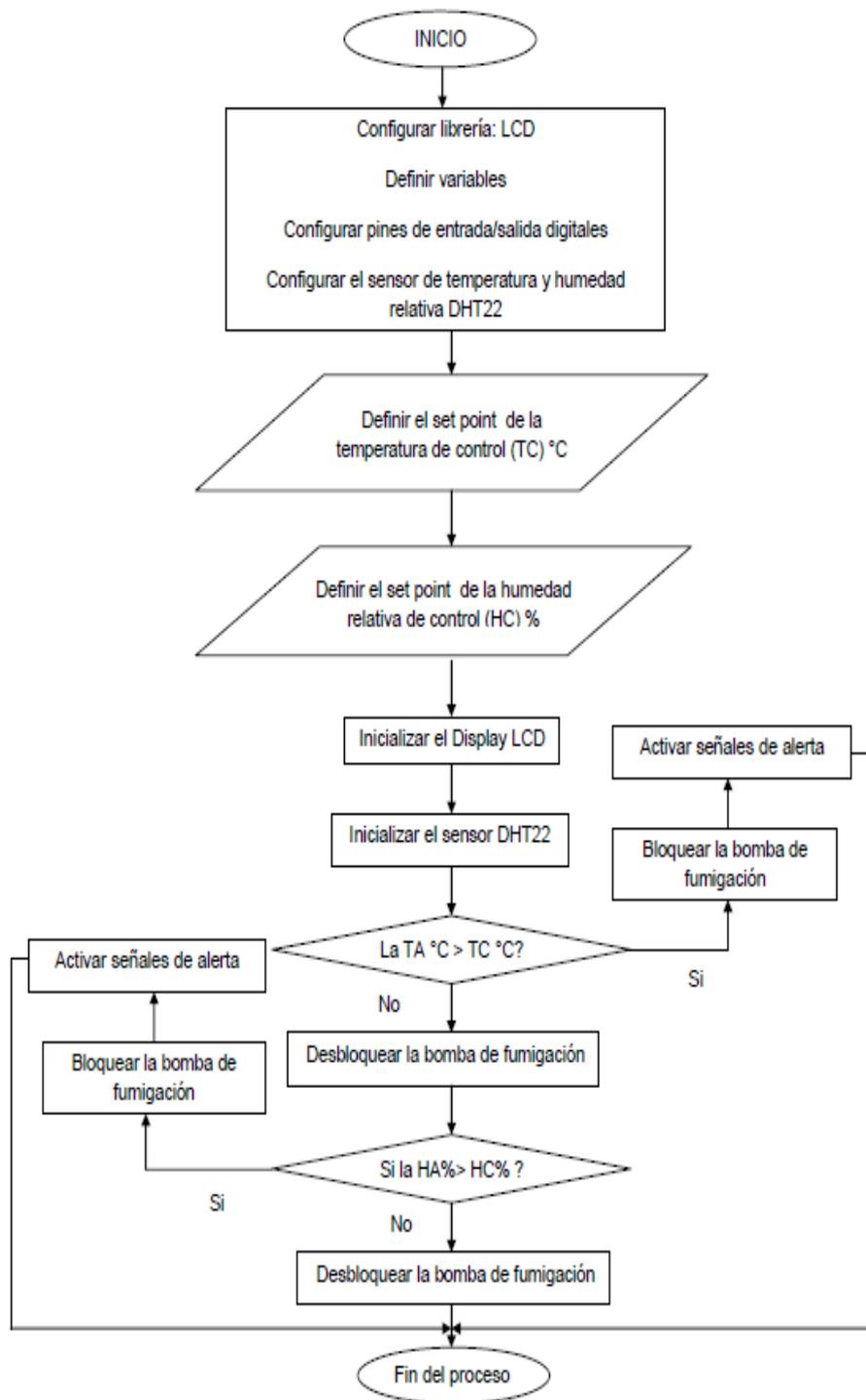
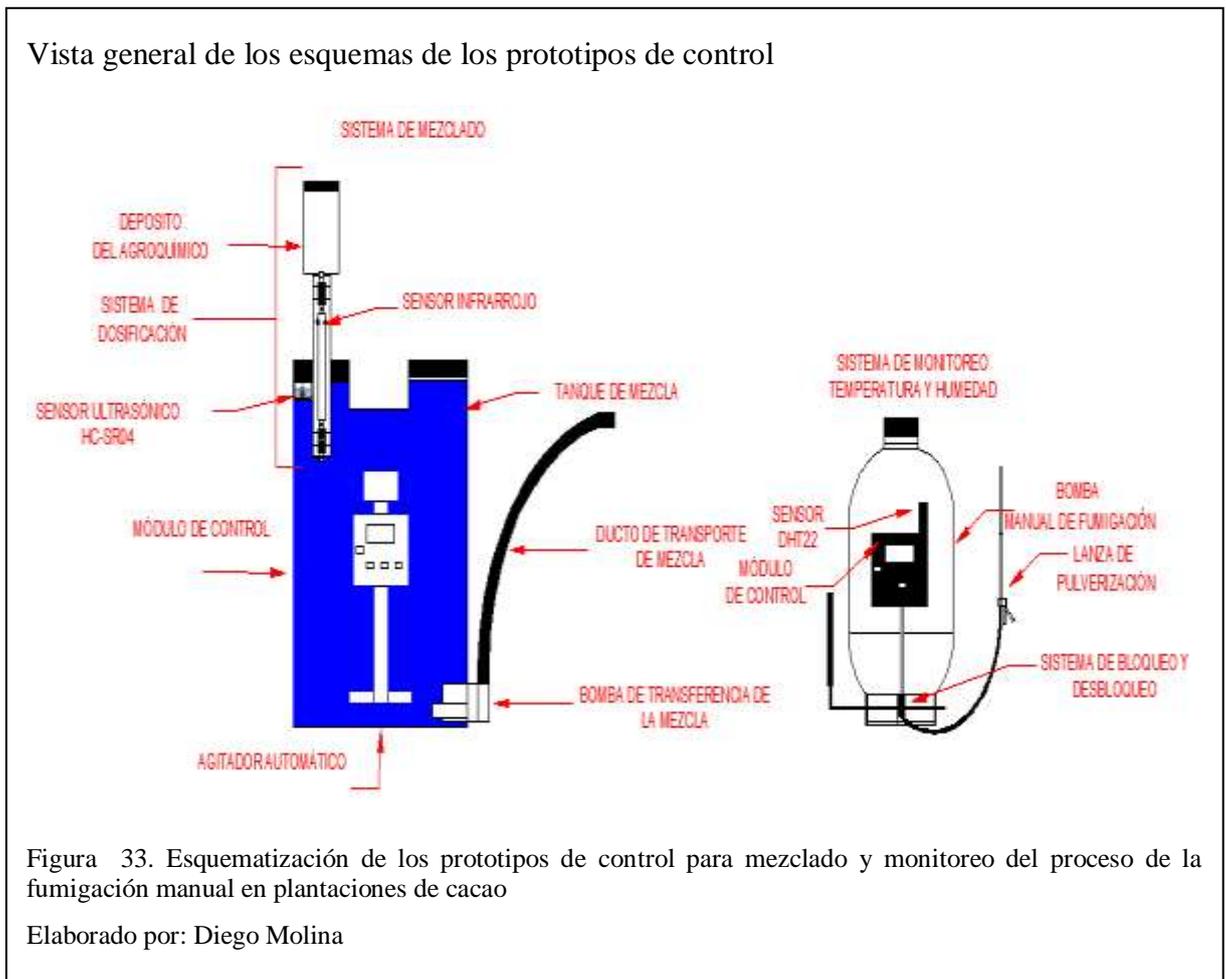


Figura 32. Flujograma del prototipo para el monitoreo de temperatura y humedad relativa
Elaborado por: Diego Molina

3.6. Esquematización final del sistema prototipo de control monitoreo del proceso de la fumigación manual en plantaciones de cacao

Propuesto el diseño y los diagramas de control del prototipo, en la Figura 33, se presenta el bosquejo final del prototipo para la construcción del mismo.

La galería fotográfica de la fabricación del prototipo de los sistemas de control para el mezclado automático y monitoreo de temperatura y humedad relativa se encuentra en el Anexo 9 y en el Anexo 10 respectivamente.



CAPÍTULO 4.

PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo se presentan las pruebas y los resultados del estudio de campo efectuado en las plantaciones de cacao en la Comuna Flor del Valle, Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, para la validación del correcto funcionamiento del sistema prototipo de control para mezclado y monitoreo del proceso de fumigación manual; así como el presupuesto, las conclusiones y las recomendaciones finales del presente trabajo investigativo.

4.1. Pruebas de funcionamiento del prototipo

Para validar el funcionamiento del prototipo se realizan cinco pruebas en campo para chequear el comportamiento del prototipo en la zona propuesta. En la Figura 34, se muestran los prototipos en sitio listo para realizar las pruebas de funcionamiento.

Vista general de los prototipos



Figura 34. Prototipos en el campo de la Comuna Flor del Valle

Elaborado por: Diego Molina

4.1.1. Pruebas de funcionamiento del prototipo para el proceso de mezclado

Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo para el proceso de mezclado del agroquímico y el agua en plantaciones de cacao, se realiza la verificación de acciones que se presenta en la Tabla 9.

Tabla 9. Lista de verificación de funciones del prototipo de mezclado

No	Acción	Observación	Resultado (SI/NO)	Imagen
1	Colocar switch de encendido en ON	Se visualiza todos los caracteres en la pantalla del LCD	SI	
2	Indicación en la pantalla LCD	Muestra el mensaje “Ingrese agua”	SI	
3	Activación del sensor ultrasónico	Se activa el buzzer (alarma) cuando el nivel de agua está completo	SI	
4	Indicación en la pantalla LCD	Muestra el mensaje “Ingrese agroquímico”	SI	
5	Pulsar el botón “Dosificador del agroquímico”	Se activa el led 1, en el ingreso del agroquímico al medidor de cantidad	SI	
6	Activación de los leds infrarrojos	Se activa el led 2 cuando el nivel del agroquímico está completo en medidor de cantidad y automáticamente empieza el drenado hacia el tanque.	SI	
7	Indicación en la pantalla LCD	Muestra el mensaje “Agitar la mezcla”	SI	

No	Acción	Observación	Resultado (SI/NO)	Imagen
8	Pulsar el botón “Agitador de mezcla”	Se activa el led 3 y el agitador realiza la mezcla de los componentes durante seis minutos	SI	
9	Indicación en la pantalla LCD	Muestra el mensaje “Drenar la mezcla del tanque”	SI	
10	Pulsar el botón “ Despacho de mezcla”	Se activa el led 4, la bomba empieza el drenado de la mezcla y se finaliza el proceso	SI	

Elaborado por: Diego Molina

Una vez validada la lista de acciones, se comprueba el correcto funcionamiento del prototipo realizando el proceso de mezclado, como se indica en las siguientes pruebas.

4.1.2. Pruebas de preparación de la mezcla en el prototipo

Para determinar si la mezcla realizada por el prototipo es la adecuada para la fumigación en las plantaciones de cacao, se consideran cinco pruebas efectuadas en campo, con una cantidad de agua de 15 litros y un volumen de agroquímico de 75 ml fijas establecidas por el diseño del prototipo.

Para comprobar la calidad de la mezcla, se utilizan tiras reactivas pH-Fix 2.0-9-0 para medir el nivel de pH, como se muestra en la Figura 35.

Prueba de calidad de la mezcla



Figura 35. Indicador de ph de la mezcla realizada

Elaborado por: Diego Molina

Para establecer el tiempo de agitación de la mezcla, se guiará por las recomendaciones para realizar la preparación de la mezcla en forma artesanal, que sugiere agitar la mezcla manualmente con los instrumentos indicados durante un periodo de 5 a 6 minutos, observando la consistencia de la mezcla. (Omar Rojas, 2004)

En lo cual el tiempo de mezcla es de seis minutos para cada una de las pruebas y el nivel de pH se registra en la Tabla 10.

Tabla 10. Tabla de Valores de la solución química

Nº de prueba	Cantidad de agua (litros)	Volumen de agroquímico (ml)	Tiempo de Mezcla (minutos)	Nivel de Ph
1	15	75	6	7.0
2	15	75	6	7.5
3	15	75	6	7.0
4	15	75	6	7.0
5	15	75	6	7.5

Elaborado por: Diego Molina

Para un tiempo de 6 minutos se obtiene una mezcla de aspecto blanco lechoso uniforme como se indica en la Figura 36.

Mezcla homogénea de la solución química



Figura 36. Prueba de la mezcla realizada en el prototipo

Elaborado por: Diego Molina

Se puede indicar que la mezcla es homogénea por los valores de pH que se obtienen. Se verifica que la solución química es ácida, por lo que hay una mejor retención y absorción de los componentes en las plantaciones al momento de ser aplicado el producto. Por lo tanto, la dosificación de la mezcla del agroquímico es la adecuada al momento de aplicarlo manualmente a través del pulverizador.

4.1.3. Pruebas del nivel de descarga de la batería en el prototipo de mezclado

El prototipo de mezclado cuenta con un sistema de energía mediante una batería de tipo recargable. Es necesario determinar el porcentaje de descarga de la batería en cada ciclo de mezclado. Como se indica en la Figura 37, la medición del voltaje en el prototipo de mezclado.

Medición de voltaje del prototipo de mezclado



Figura 37. Muestra la medición de voltaje

Elaborado por: Diego Molina

Para determinar el nivel de porcentaje de descarga en la batería, se utiliza la siguiente Ecuación 1:

Ecuación para determinar el porcentaje de descarga en la batería

$$ND(\%) = \frac{100(\%)X(VBA)}{VBI}$$

Dónde: *ND = (%) porcentaje de descarga*
 VBI = (V) Voltaje de batería inicial
 VBA = (V) Voltaje de la batería actual

Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de descarga en la batería
Elaborado por: Diego Molina

En la Tabla 11, se registra el voltaje de la batería cuando se lleva a cabo cada prueba, usando la Ecuación 1, se obtiene el porcentaje de descarga.

Tabla 11. Prueba de descarga de la batería del prototipo de mezclado

N° de prueba	Voltaje de la batería (V)	Hora (h: m) AM/PM	Fecha del mezclado	Porcentaje de descarga (%)
1	12.62	9:40	05/12/2015	100 %
2	12.61	10:15	05/12/2015	99.92 %
3	12.60	14:35	05/12/2015	99.84%
4	12.15	15:20	05/12/2015	96.28%
5	12.04	15:40	05/12/2015	95.4%

Nota: Elaborado por Diego Molina

De acuerdo a la Tabla 11 se representa la tendencia de la descarga de la batería, con los datos de voltaje y la hora de cada prueba realizada, como se muestra en la Figura 38.

Gráfica del nivel de descarga en la batería del tanque de mezcla

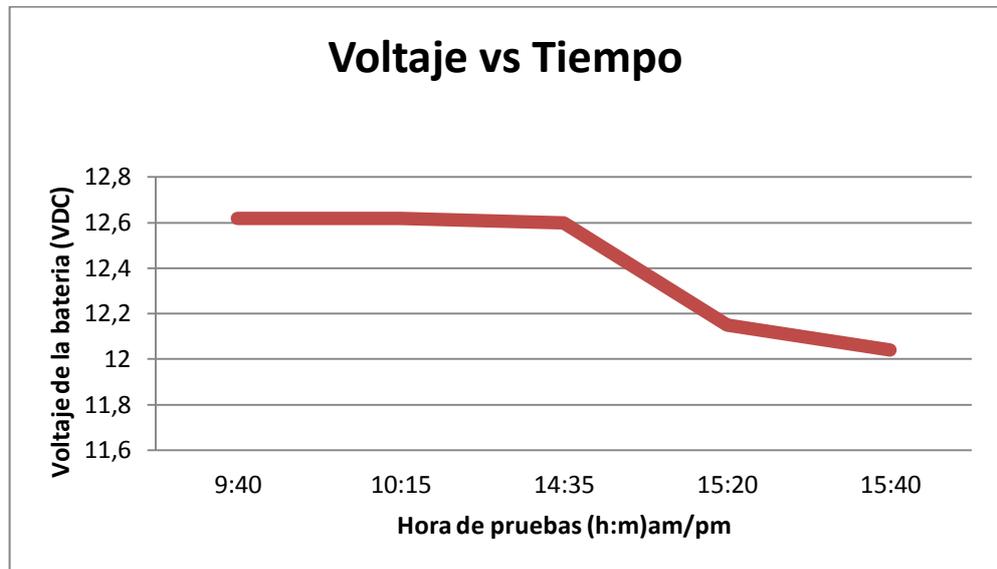


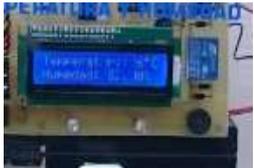
Figura 38. Nivel de descarga de la batería en el tanque de mezcla
Elaborado por: Diego Molina

La disminución del nivel de voltaje, va desde los 12.8 voltios a los 12.04 voltios, durante seis horas de trabajo que fue la jornada laboral de fumigación, la batería presenta autonomía, consiguiendo que el sistema de mezclado sea portable y funcional en el campo.

4.2. Pruebas de funcionamiento del prototipo para el control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa del proceso de fumigación manual

Para evidenciar el correcto funcionamiento del prototipo para el control, monitoreo de la temperatura y humedad relativa en las plantaciones de cacao, se realizó la verificación de acciones que se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12. Pruebas de verificación de funciones del prototipo para el control, monitoreo de la temperatura y humedad de la fumigación manual.

No	Acción	Observación	Resultado (SI/NO)	Imagen
1	Switch de encendido en ON	Se visualizan todos los caracteres en la pantalla del LCD	SI	
2	Funcionamiento del sensor DHT22	Se observan la temperatura y la humedad relativa presentes en el sitio a través del display LCD	SI	
4	Electroválvula de control de flujo abierta	Permite el paso de la mezcla siempre y cuando están bajos los niveles de temperatura y humedad relativa	SI	
5	Electroválvula de control de flujo bloqueada	No Permite el paso de la mezcla. Activación de dispositivos de Alerta. El display muestra “Exceso de temperatura ”o” Exceso de Humedad” Dependiendo de la variable que está afectada	SI	 
6	Activación del paro de emergencia	Se activan los dispositivos de alerta. Se bloquea la electroválvula de control de flujo. LCD muestra “Sistema Detenido”	SI	

No	Acción	Observación	Resultado (SI/NO)	Imagen
7	Switch de encendido está en OFF	La bomba de fumigación manual se encuentra fuera de operación. La electroválvula de control de flujo permanece bloqueada.	SI	

Nota: Elaborado por Diego Molina

4.2.1. Pruebas del prototipo para el control, monitoreo de la temperatura y humedad del proceso de la fumigación manual

La realización de las pruebas de control, monitoreo de la temperatura y humedad del proceso de la fumigación manual en las plantaciones de cacao, están guiadas por el riesgo de estrés térmico que es el índice WBGT. Este factor relaciona las variables meteorológicas con el estrés térmico padecidos por las personas, en función de la actividad que hacen.

De acuerdo al índice WBGT, el prototipo tiene de límite el valor de temperatura de 26 °C y un valor de humedad relativa límite de 85% antes de bloquear automáticamente el funcionamiento del mismo; para evitar el proceso de la fumigación manual cuando las condiciones ambientales son perjudiciales para la salud de los trabajadores.

De acuerdo a los límites establecidos, se utiliza la Tabla 13, para la comparación, los valores monitoreados en la zona y el bloqueo del funcionamiento del prototipo.

Tabla 13. Pruebas de control, monitoreo de la temperatura y humedad relativa del prototipo de la bomba de fumigación manual

N° de prueba	Temperatura De (TC)°C	Humedad de control(HC)%	Hora de la prueba (h:m)am/pm	Temperatura Monitoreada (TA)°C	Humedad ambiente HA (%)	Bloqueo de la lanza de pulverización
1	26	85	9:50	24	82.10	NO
2	26	85	10:25	26	84.10	NO
3	26	85	14:45	26	89.90	SI
4	26	85	15:30	28	86.88	SI
5	26	85	15:40	30	82.10	SI
6	26	85	17:30	25	84.20	NO

Nota: Elaborado por Diego Molina

Para efectuar las pruebas de aplicación de la mezcla con el prototipo de la bomba de fumigación, se realiza en diferentes horas del día. De esa forma, se comprueba cuándo el pequeño agricultor puede aplicar la mezcla en las plantaciones de cacao sin que su salud sea afectada por las altas temperaturas y la variación de la humedad relativa que se presenta en la zona.

4.2.2. Pruebas del nivel de descarga de la batería del prototipo de monitoreo de temperatura y humedad

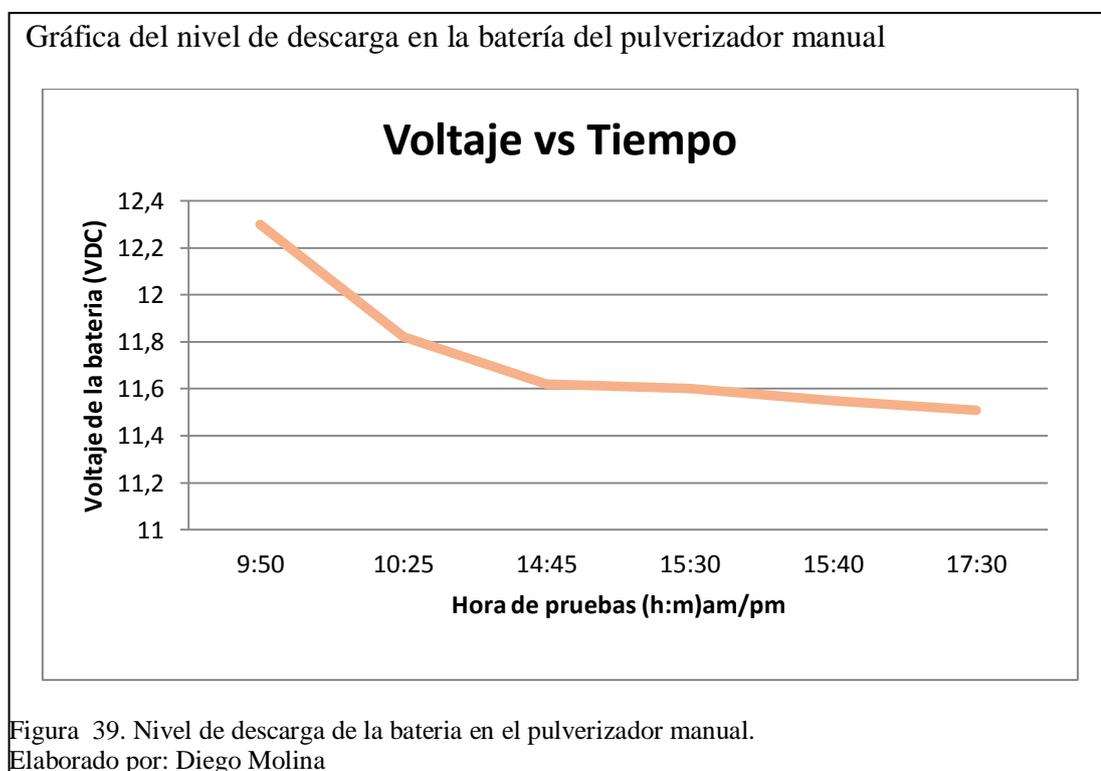
Para verificar la descarga de la batería en el prototipo, se utiliza la Tabla 14 y se vuelve a utilizar la Ecuación 1 para determinar el nivel de descarga.

Tabla 14. Pruebas de la descarga de batería del prototipo para el proceso de la fumigación manual.

N° de prueba	Voltaje de la batería (V)	Fecha / Hora de la prueba (h:m)am/pm	Fecha del mezclado	Nivel de descarga (ND)(%)
1	12.3	9:50	05/12/2015	100%
2	11.82	10:25	05/12/2015	96.09
3	11.62	14:45	05/12/2015	94.47
4	11.60	15:30	05/12/2015	94.30
5	11.55	15:40	05/12/2015	93.90
6	11.51	17:30	05/12/2015	93.57

Nota: Elaborado por Diego Molina

La Figura 39, representa la relación de la hora de cada prueba realizada y la descarga de la batería.



De acuerdo a la Figura 39, la tendencia de la descarga de la batería va desde los 12.3 voltios hasta 11.51 voltios, lo que permite tener autonomía durante ocho horas de trabajo antes de realizar un nuevo ciclo de carga de la batería.

4.3. Presupuesto

Para la construcción de los prototipos se generan los siguientes costos en la adquisición de materiales, el presupuesto se encuentra dividido por cada sistema. En la Tabla 15 se presenta el detalle:

Tabla 15. Costo del prototipo del sistema de mezclado

COSTO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE MEZCLADO				
ITEM	DETALLE	Cantidad	Precio /U \$	Precio /T USD\$
1	Tarjeta de control Arduino UNO	1	30.50	30.50
2	Sensor ultrasónico Hc-sr04	1	12.50	12.50
3	Sensor infrarrojo de emisor y receptor	2	3.00	6.00
4	Electroválvula normalmente cerrada STC- 2P025	2	30.00	60.00
5	Motor de 12 VDC S330012	1	32.50	32.50
6	Bomba de agua 3M TE087	1	50.00	50.00
7	Display LCD 16X2 Hitachi HD44780	1	6.50	6.50
8	Módulo serial I2C para Display LCD	1	7.50	7.50
9	Batería 12VDC FP 1212	1	21.50	21.50
10	Materiales electrónicos	1	20.00	20.00
11	Caja plástica 10X5 cm	1	5.00	5.00
12	Caja de fibra acrílica 20X15 cm	1	14.50	14.50
13	Tanque de capacidad de 20 litros	1	0.00	0.00
14	Baquelita 10X10 cm	1	9.50	9.50
15	Manguera tipo acordeón 2 metros	1	3.0	3.00
16	Tubo PBC 1 metro	1	3.50	3.50
17	Tanque de capacidad de 1 litro	1	10.00	10.00
18	Probeta volumétrica 100 mililitros	1	7.50	7.50
19	Cargador de batería de 120 VAC a 12 VDC	1	13.50	13.50
20	Gastos imprevistos	1	31.35	31,35
			Subtotal 1	344.85

Nota: Elaborado por Diego Molina

*Materiales electrónicos: contemplan resistencias, capacitores, cables de conexión, leds, zumbadores, borneras, relés, transistores, etc. El número de elementos

requeridos se difiere por el prototipo.

Nota: Las electroválvulas y la bomba utilizadas son importadas debido a que no se dispone de ellas en el mercado local.

El tanque para realizar el proceso de mezclado es reutilizado de un pulverizador de capacidad 20 litros.

A continuación se muestran en la Tabla 16, los costos del prototipo del sistema de control y monitoreo de la temperatura y la humedad.

Tabla 16. Costo del prototipo del sistema de control y monitoreo de la temperatura y humedad

COSTO DEL PROTOTIPO DEL SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD				
ITEM	DETALLE	Cantidad	Precio /U \$	Precio /T \$
1	Tarjeta de control Arduino UNO	1	30.50	30.50
2	Sensor de temperatura y humedad relativa DHT22	1	13.50	13.50
3	Eletroválvula normalmente cerrada STC-2P025	1	30.00	30.00
4	Display LCD 16X2 Hitachi HD44780	1	6.50	6.50
5	Bomba de fumigación manual SOLO 425 de capacidad 15 litros	1	61.50	61.50
6	Batería 12VDC FP 1212	1	21.50	21.50
7	Materiales electrónicos	1	10.00	10.00
8	Caja de fibra acrílica 20X15 cm	1	14.50	14.50
9	Baquelita 10X10 cm	1	9.50	9.50
10	Cargador de batería de 120 VAC a 12 VDC	1	13.50	13.50
11	Gastos imprevistos	1	21.10	21.10
			Subtotal 2	232.10

Nota: Elaborado por Diego Molina

Para determinar el costo total del prototipo se muestra los valores en la Tabla 17

Tabla 17. Costo total del prototipo

COSTO TOTAL DEL PROTOTIPO			
ITEM	DESCRIPCION	Cantidad	Precio /T \$
1	Costo del prototipo del sistema de mezclado	Subtotal 1	344.85
2	Costo del prototipo del sistema de control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa	Subtotal 2	232.10
		Total	576.95

Nota: Elaborado por Diego Molina

El costo total de los prototipos implementados es de 576.95 USD.

Nota: los insumos químicos, la movilización, asesoramiento de un técnico, prestación de instalaciones y ropa de protección, fue un servicio cubierto por la Dirección Provincial del Ministerio de Agricultura de la Provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas como apoyo para la realización de este proyecto como consta en el anexo 12.

CONCLUSIONES

- En la actualidad, las técnicas para realizar el proceso de la fumigación de las plantaciones de cacao en la Comuna Flor del Valle - Santo Domingo de los Tsáchilas siguen siendo de forma manual. Esto ocasiona a largo plazo la contaminación del medio ambiente y la salud de las personas que viven en la zona. Las condiciones climáticas en el territorio juegan un papel importante debido a que es una región de la costa donde el clima tiende a ser variado con presencia de lluvias, aumento de la temperatura y de la humedad relativa los cuales son factores que se deben tener muy en cuenta al momento de fumigar las plantaciones.
- En la mayoría de los casos, se observa que los pequeños agricultores que se dedican al trabajo de la fumigación en plantaciones de cacao, no utilizan adecuadamente el equipo de protección. Todo el proceso de mezcla y fumigación manual se realiza de forma empírica por conocimientos adquiridos en la práctica y sin ninguna capacitación técnica. Al observarse esta situación, fue necesario realizar el prototipo de esta propuesta apegado a las normas de la Guía de Buenas Prácticas Agrícolas para Cacao sugeridas por el MAGAP.
- Se logra construir un sistema prototipo de control para mezclado y monitoreo del proceso de fumigación manual en plantaciones de cacao, el cual permite preparar la mezcla con el agua de una manera segura, es decir minimiza el contacto y dosifica exactamente el volumen del agroquímico utilizado. Además posee el sistema prototipo que permite monitorear la temperatura y la humedad relativa del ambiente, cuando el agricultor está fumigando las plantaciones. De esta manera se permite saber cuándo una de estas dos variables se encuentra elevadas y que mediante un sistema de bloqueo interrumpe el proceso de la fumigación hasta que la temperatura y humedad regresen a valores admisibles, consiguiendo proteger la salud de los trabajadores al momento de realizar esta activa agrícola.

- El prototipo implementado es un sistema portable y configurable, puede ser llevado a cualquier parte para realizar la mezcla y la fumigación de las plantaciones, como se muestra en las Figura 38 y 39 En relación con la autonomía de las baterías, se presenta un consumo no tan acelerado del prototipo, lo que permite usar el sistema en una jornada normal de trabajo. En el aspecto del prototipo que implica el control y monitoreo de la temperatura y la humedad relativa, el sistema se configura a los valores límites que son 26 °C de temperatura y 85% de humedad relativa de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona y el índice WBGT para evitar el stress térmico en los trabajadores.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuro hacer un estudio de factibilidad para: reducir los costos del prototipo, agregar más funcionalidades e implementar a gran escala en toda la provincia, poder comercializar el sistema buscando tecnificar los procesos de fumigación manual de los pequeños y medianos agricultores del país.
- Se sugiere que el sistema prototipo de control se lo utilice en laboratorios artesanales de bioinsumos agrícolas, para que se realicen las pruebas de concentración de agroquímico en la preparación de mezclas para la aplicación en cultivos y se determine su eficacia.
- Se recomienda usar el sistema prototipo de control en una extensión máxima de una hectárea, para evitar que el pequeño agricultor sea afectado en la salud por exceso de carga, si es mayor la extensión de los cultivos de cacao entonces pensar en otros métodos de fumigación que dejarían de ser manuales y se convertiría en métodos industriales para realizar la pulverización en los cultivos de cacao.
- Se recomienda a futuro que el sistema prototipo para la mezcla se lo realice en una estación fija de mayor capacidad, si la extensión es mayor de una hectárea, también se puede desarrollar una bomba de fumigación accionada con un motor eléctrico de bajo nivel de ruido, para industrializar el proceso de fumigación.
- Para el sistema de dosificación que posee el prototipo de mezclado se sugiere a futuro desarrollar un sistema de dosificación para agroquímicos de presentación en polvo que existen en el mercado. Consiguiendo más funcionalidades para el prototipo, al momento de emplearse para la fumigación en los cultivos de cacao.

REFERENCIAS

- Omar Rojas. (2004). *Aplicación de plaguicidas en campo*. Obtenido de <http://www.ops.org.bo/textocompleto/npla26200.pdf>
- "AGROCALIDAD", A. E. (MARZO de 2011). *MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO Y CERTIFICACIÓN DE VIVEROS Y PRODUCTORES DE MATERIAL VEGETAL DE CACAO NACIONAL FINO Y DE AROMA SABOR "ARRIBA" Y OTRAS VARIEDADES*. Obtenido de <http://agrocalidad.gob.ec/agrocalidad/images/pdfs/sanidadvegetal/Manualdeviveros.pdf>
- Agrolluvia. (16 de 02 de 2009). *PLAGUICIDAS*. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/09/agroquimicos-riesgo-y-fitotoxicidad.pdf>
- Agropecuaria-OIRSA. (2000). *USO y MANEJO SEGURO DE PLAGUICIDAS*. Obtenido de <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/bibliotecavirtual/manejoseguroinsecticidaspina.pdf>
- Agropecuarios. (29 de 09 de 2013). *ENFERMEDADES DEL CULTIVO DE CACAO*. Obtenido de <http://agropecuarios.net/enfermedades-del-cultivo-de-cacao.html>
- Bravo, A. (2012). *Programación de Arduino: El IDE de Arduino*. Obtenido de <http://solorobotica.blogspot.com/2012/07/programacion-de-arduino-elide-de.html>
- CanaCacao. (12 de 07 de 2014). *Plagas y enfermedades*. Recuperado el 08 de 10 de 2015, de <http://www.canacacao.org/cultivo/enfermedades/>
- CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO-ESPAÑA. (2010). *Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_322.pdf
- Chemical-Crystal. (2013). *Fungicidas ACORD 250EC*. Obtenido de <http://www.dupocsa.com/content/acord.php>

- CORPORATION SIZTO TECH. (12 de 02 de 2015). *2P025 Series Solenoid Valve Specifications*. Obtenido de <https://www.stcvalve.com/STC-DOWNLOAD/2P025.pdf>
- Cropscience, Bayer. (11 de 09 de 2011). *Uso Seguro de Plaguicidas*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/FEDEFRUTA/alan-ler-agrovida>
- DHT22, Datasheet. (2012). *Digital Digital Digital Digital relative relative relative relative humidity humidity humidity humidity & temperature emperature emperature emperature sensor AM2302/DHT22*. Obtenido de <https://www.adafruit.com/datasheets/Digital%20humidity%20and%20temperature%20sensor%20AM2302.pdf>
- ELECFREAKS. (2011). *ULTRASONIC RANGING MODULE* . Obtenido de <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
- Electronica Bluetip. (2015). *Reles*. Obtenido de <http://www.bluetip.com.uy/relaydptd>
- Electrónica Corpostar. (2011). *Sensor de infrarrojos (emisor y receptor)*. Obtenido de <http://www.circuitoselectronicos.org/2010/05/sensor-de-infrarrojos-emisor-y-receptor.html>
- Fundación Argentina. (2010). *TECNOLOGÍA DE APLICACIÓN DE FITOSANITARIOS*. Obtenido de <http://www.argeninta.org.ar/pdf/Pulverizacion%20-%20Equipos%20manuales%20Lujan%20.pdf>
- Ingeniaoxaca. (02 de 10 de 2014). *Sensor Infrarrojo con Arduino*. Obtenido de <http://ingeniaoxaca.com/blog/sensor-infrarrojo-con-arduino/>
- IPCS. (2013). *Guía sobre seguridad y salud en el uso de productos agroquímicos*. Obtenido de http://training.itcilo.it/actrav_cdrom2/es/osh/kemi/pest/pesti2.htm
- Isaac, R. (6 de 07 de 2013). *MANEJO AGROQUIMICOS EN LA PRODUCCION AGRICOLA EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA CORREGIMIENTO AGUAS CLARAS*. Obtenido de <http://manejoagroquimicosufpso.blogspot.com/>
- Luna, P. (2010). *Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*. Recuperado el 08 de 12 de 2015, de CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO:

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_322.pdf

Miguel Salazar MSc en Seguridad y Salud Ocupacional. (17 de 03 de 2013). *Plaguicidas*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/MiguelSalazar14/seguridad-fumigacion?related=2>

Ministerio del Ambiente. (27 de 11 de 2012). *Registro Oficial No 838*. Recuperado el 07 de 10 de 2015, de <http://www.derechoecuador.com/productos/producto/catalogo/registros-oficiales/2012/noviembre/code/20621/registro-oficial-no-838--lunes-26-de-noviembre-del-2012-suplemento>

Nederagro. (2015). *Agroquimicos Nederagro*. Obtenido de www.nederagro.com

Ocaña, Universidad Francisco de Paula Santander. (6 de 07 de 2013). *MANEJO AGROQUIMICOS EN LA PRODUCCION AGRICOLA EN EL MUNICIPIO DE OCAÑA CORREGIMIENTO AGUAS CLARAS*. Obtenido de <http://manejoagroquimicosufpso.blogspot.com/>

Pablo Luna Mendaza- CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. (2010). *Valoración del riesgo de estrés térmico: índice WBGT*. Recuperado el 08 de 12 de 2015, de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_322.pdf

PULQUI Pulverizadores. (2014). *Pulverizador manual de arrastre*. Obtenido de http://www.pulquipulverizadores.com/000-1-prod_pulverizadores_linea-de-jardinaria-mae40.html

Quirola. (11 de 05 de 2007). *Cacao proceso de produccion*. Recuperado el 11 de 09 de 2015, de <http://www.gquirola.com/html/productos/cacao/produccion.html>

Ricardo Kirchner Amor. (2010). *Determinación del índice de estrés termico WBGT*. Recuperado el 7 de 12 de 2015, de <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/33365/1/WBGT%20Indice%20de%20estr%C3%A9s%20t%C3%A9rmico.pdf>

SOLO. (2012). *Manual and universal sprayers*. Obtenido de <http://www.soloperusac.com/manuales/manual-pulverizadores.pdf>

- SOLO. (2015). *MOCHILA MANUAL SOLO 425*. Obtenido de <http://www.soloperusac.com/mochila-manual-425.html>
- Solo-germany. (2009). *Solo425*. Obtenido de http://www.solo-germany.com/gba_download/9425163/web/9425163_es_web_05_2009.pdf
- SR, Confecciones. (2015). *Equipo de Protección Personal para Pulverizadores*. Obtenido de <http://www.ciagrafika.com/sr/>
- Stcsupply. (12 de 06 de 2012). *Process Solenoid Valve*. Obtenido de http://www.stcsupply.com/Process_Valve.htm
- Superrobotica. (12 de 06 de 2015). *Motores y Servos*. Obtenido de <http://www.superrobotica.com/motores.htm>
- Tdrobótica. (2014). *Sensor infrarrojo*. Obtenido de <http://www.tdrobotica.co/noticias/50-sensor-infrarrojo>
- Technology FirstPower. (2015). *FP1212 Specifications*. Obtenido de <http://www.efirstpower.com/PDF/FP1212.pdf>
- TecMikro. (2015). *Display LCD 16x2*. Obtenido de <http://programarpicenc.com/articulos/display-lcd-16x2-2x16-con-el-hd44780-en-mikroc-pro/>
- Tecnicoagricola. (25 de 09 de 2014). *Dosis en pulverizadores y Dosis en mochilas*. Obtenido de <http://www.tecnicoagricola.es/dosis-en-pulverizadores-y-dosis-en-mochilas/>
- UNO Arduino. (2012). *Comenzando con Arduino*. Obtenido de http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Innovacion_Docente/ANEXOS_2011_2012/22232441_310201212102.pdf
- Wikipedia. (10 de 07 de 2015). *Electroválvula*. Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- XCSOURCE. (2015). *xcsouce*. Obtenido de <http://xcsouce.com/dc-12v-solar-hot-water-circulation-pump-brushless-motor-water-pump-480l-h-te087/>

ANEXOS

Anexo 1. Hoja técnica de la tarjeta ARDUINO UNO



Product Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the ATmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Index

Technical Specifications	Page 2
How to use Arduino Programming Environment, Basic Tutorials	Page 6
Terms & Conditions	Page 7
Environmental Policies half sqm of green via Impatto Zero®	Page 7



radiospares RADIONICS



Technical Specification

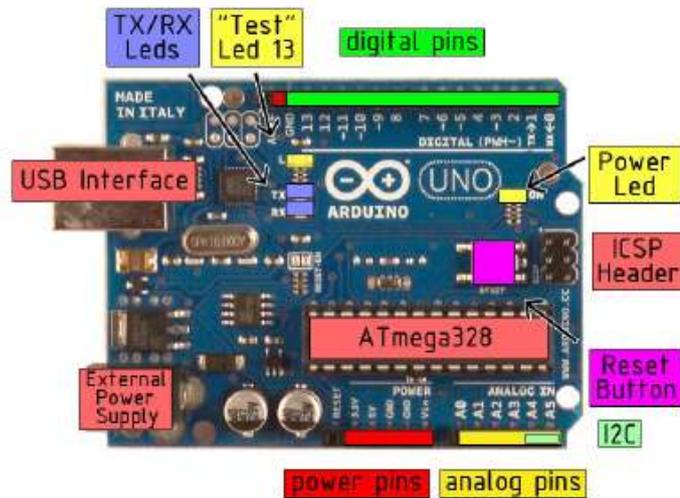


EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#) Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares RADIONICS



Anexo 2. Hoja técnica del Sensor de humedad y temperatura DHT-22

Four specialist in innovating humidity & temperature sensors



Standard AM2302/DHT22



AM2302/DHT22 with big case and wires

Digital relative humidity & temperature sensor AM2302/DHT22

1. Feature & Application:

- *High precision
- *Capacitive type
- *Full range temperature compensated
- *Relative humidity and temperature measurement
- *Calibrated digital signal
- *Outstanding long-term stability
- *Extra components not needed
- *Long transmission distance, up to 100 meters
- *Low power consumption
- *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

AM2302 output calibrated digital signal. It applies exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(100m) enable AM2302 to be suited in all kinds of harsh application occasions. Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

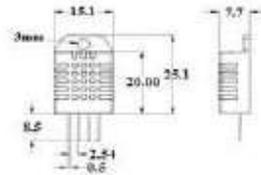
Model	AM2302
Power supply	3.3-5.5V DC
Output signal	digital signal via 1-wire bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +2%RH (Max +5%RH); temperature +0.5Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +/-1%RH; temperature +/-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+0.3%RH
Long-term Stability	+0.5%RH/year
Interchangeability	fully interchangeable

Thomas Liu (Sales Manager)

- 1 -

Email: thomasliu198518@aliyun.com

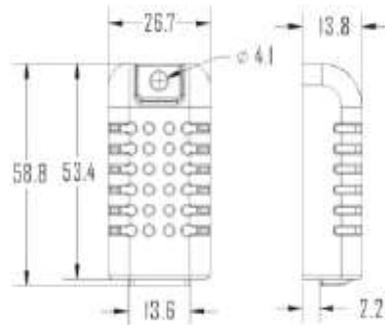
4. Dimensions: (unit—mm)



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD—power supply
2	DATA—signal
3	GND
4	GND

Standard AM2302's dimensions as above

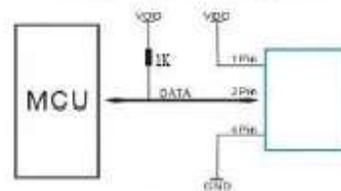


Big case's dimensions as above

Red wire—power supply, Black wire—GND

Yellow wire—Data output

5. Electrical connection diagram:



6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-5.5V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

1-wire bus is used for communication between MCU and AM2302. (Our 1-wire bus is specially designed, it's different from Maxim/Dallas 1-wire bus, so it's incompatible with Dallas 1-wire bus.)

Illustration of our 1-wire bus:

DATA=16 bits RH data+16 bits Temperature data+8 bits check-sum

Example: MCU has received 40 bits data from AM2302 as

0000 0010 1000 1100 0000 0001 0101 1111 1110 1110
 16 bits RH data 16 bits T data check sum

Here we convert 16 bits RH data from binary system to decimal system,

0000 0010 1000 1100 → 652

Binary system Decimal system

RH=652/10=65.2%RH

Here we convert 16 bits T data from binary system to decimal system,

0000 0001 0101 1111 → 351

Binary system Decimal system

T=351/10=35.1°C

When highest bit of temperature is 1, it means the temperature is below 0 degree Celsius.

Example: 1000 0000 0110 0101, T= minus 10.1°C

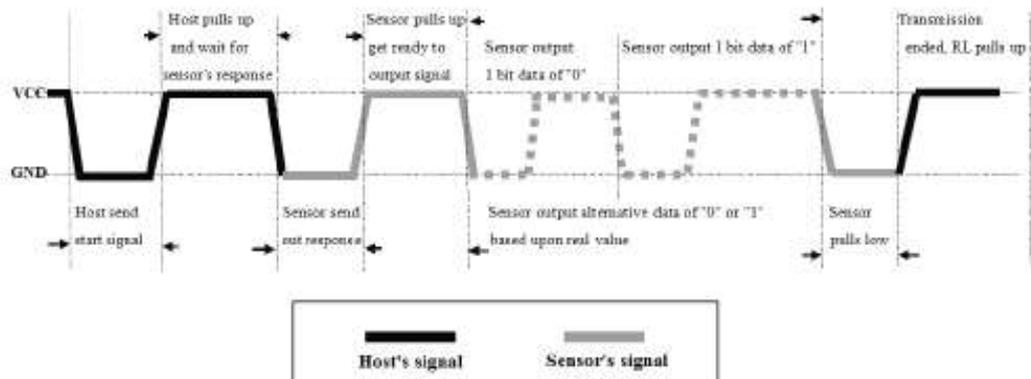
16 bits T data

Sum=0000 0010+1000 1100+0000 0001+0101 1111=1110 1110

Check-sum=the last 8 bits of Sum=1110 1110

When MCU send start signal, AM2302 change from standby-status to running-status. When MCU finishes sending the start signal, AM2302 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity and temperature to MCU. Without start signal from MCU, AM2302 will not give response signal to MCU. One start signal for one response data from AM2302 that reflect the relative humidity and temperature. AM2302 will change to standby status when data collecting finished if it don't receive start signal from MCU again.

See below figure for overall communication process, the interval of whole process must beyond 2 seconds.



1) Step 1: MCU send out start signal to AM2302 and AM2302 send response signal to MCU

Thomas Liu (Sales Manager)

Email: thomasliu198518@aliyun.com

Anexo 3. Hoja técnica del Sensor ultrasónico HC- SR04



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The module includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time × velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

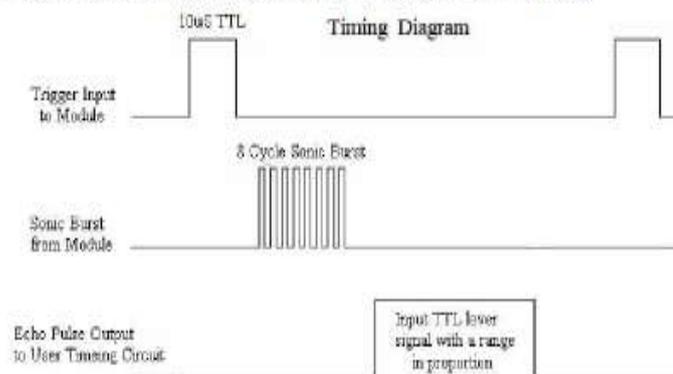
Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
Measuring Angle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL level signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm



Vcc Trig Echo GND

Timing diagram

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10 μ s pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion. You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula: $\mu\text{s} / 58 = \text{centimeters}$ or $\mu\text{s} / 148 = \text{inch}$; or: the range = high level time * velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



Anexo 4. Hoja técnica de la Electroválvula STC 2P025

STC 2P025 Series Solenoid Valve



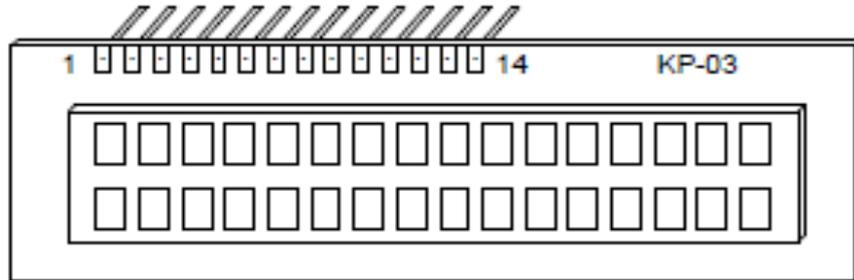
2P025 Series Solenoid Valve Specifications

Valve Model	2P025
Valve Type	2 Way, Normally Closed (NC)
Action	Direct Acting (Poppet), Response Time <20msec
Cv (Orifice)	0.23 (2 mm)
Operating Pressure	0 to 115 PSI
Operating Temperature	14-122° F(-20 to 50°C)
Port Size (NPT)	1/8" to 1/4"
Body Materials	Engineered Nylon
Seal Materials	NBR (Buna)
Coil Power	3W-8W (Pressure Dependent)
Coil Duty	100% ED
Voltage/Coil (Power)	± 10% of Specified Voltage
Service	Air, Liquid, Water



Anexo 5. Hoja técnica del LCD Hitachi HD44780

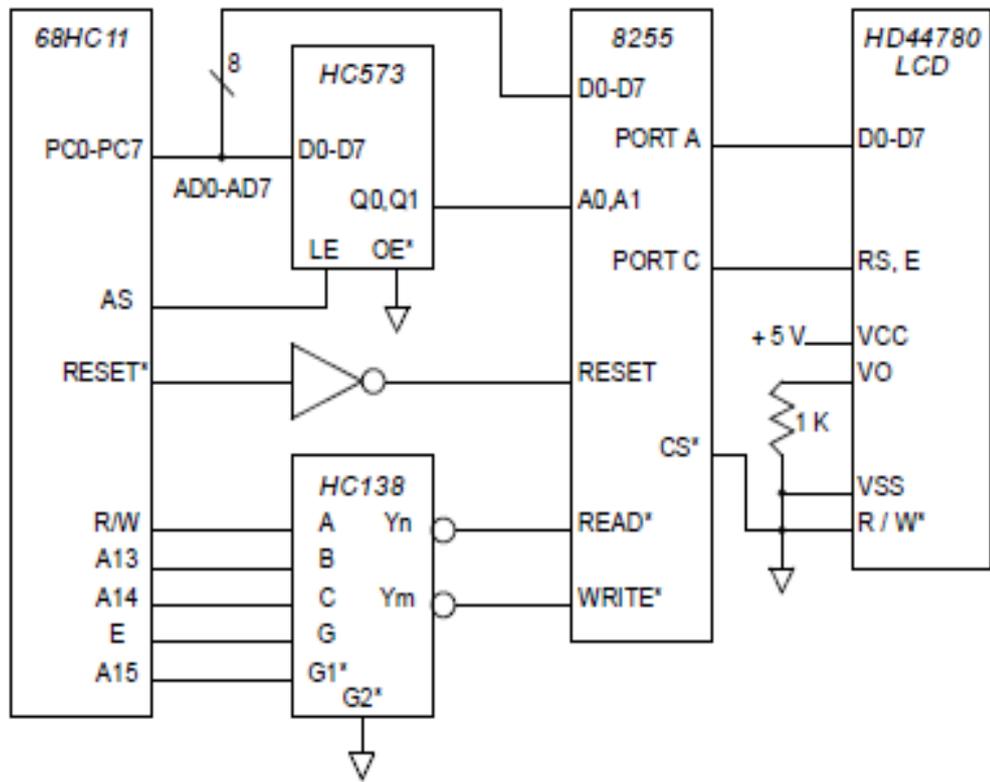
HITACHI HD44780 DOT MATRIX LCD MODULE
16 CHARACTER, 2 LINE DISPLAY
Marked KP-01 or KP-03 on top, SMC-1622A on back



PIN	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	Ground
2	Vdd	+5 Volts
3	Vo	1 K resistor to ground
4	RS	0=Instruction 1=data
5	R / W	0=write 1=read
6	E	Enable display logic
7	D0	Data 0
8	D1	Data 1
9	D2	Data 2
10	D3	Data 3
11	D4	Data 4
12	D5	Data 5
13	D6	Data 6
14	D7	Data 7

DATA AND CONTROL INPUTS ARE TTL AND HC COMPATIBLE

68HC11 EXPANDED MODE TO 8255 TO LCD INTERFACE



Anexo 6. Hoja técnica del pulverizador SOLO 425

solo®

425 / 475 // 435 / 485 // 473D / 473P

Originalbetriebsanleitung
Gebrauchsanweisung / Ersatzteilliste

Original instructions
Instruction manual / Spare parts list

Notice original
Instructions d'emploi /
Liste de pièces de rechange

Manual original
Manual del usuario /
Lista de piezas de recambio

Istruzioni originali
Istruzioni d'impiego /
Lista dei pezzi di ricambio

Oorspronkelijke gebruiksaanwijzing
Gebruiksaanwijzing / onderdelenlijst

Druckspritze
Backpack sprayer
Pulvérisateur
Rociador a presión
Spruzzatore
Sproeier

de

en

fr

es

it

nl



Achtung!

Lesen Sie vor der ersten Inbetriebnahme diese Gebrauchsanweisung gründlich durch und beachten Sie unbedingt die Sicherheitsvorschriften!
Bei Betrieb der Druckspritze: **Schutzhandschuhe, Schutzbrille und Atemschutz** tragen.

Attention!

Read this instruction manual carefully before first operation and strictly observe the safety regulations! At using the sprayer wear **protective gloves, goggles and breathing protection**.

Attention!

Lire attentivement le présent manuel avant la première mise en service et observer impérativement les consignes de sécurité ! Porter des **gants de protection, lunettes de protection et de la respiration**.

Atención!

¡Lea atentamente este manual de empleo antes de la primera puesta en funcionamiento y respete imprescindiblemente las prescripciones de seguridad!
Usar **guantes de protección, gafas de protección y respiración**.

Attenzione!

Prima della prima messa in funzione leggere a fondo le presenti istruzioni per l'uso e osservare assolutamente le norme di sicurezza! Indossare **guanti di protezione, occhiali di protezione e respirazione**.

Attentie!

Lees vóór de eerste inbedrijfstelling deze handleiding zorgvuldig door en let absoluut op de veiligheidsvoorschriften!
Draag **beschermende handschoenen, bril en ademhaling bescherming**.

Manual de instrucciones / Manual original

1. Datos técnicos

Typ		425	435	473P	473D	475	485
Peso vacío	kg	ca. 4,3	ca. 4,6	ca. 3,9	ca. 3,9	ca. 4,3	ca. 4,6
Capacidad del tanque	l	15	20	12	12	15	20
Sistema de bomba		Bomba de émbolo			Bomba de membrana		
Capacidad de la cámara de aire	l	1,3					
Volumen cilindro	cm ³	80					
Presión de trabajo max	bar	4 ; Suministro del 6 bar			4		
Medidas con palanca							
Altura	mm	520	580	540	540	520	580
Anchura	mm	400	440	380	380	400	440
Profundidad	mm	240	280	220	220	240	280
Ancho de malla de la tolva de llenado	mm	2					
Ancho de malla del filtro en el tubo de rociado	mm	0,8					

2. Talleres de servicio, piezas de repuesto y garantía

Mantenimiento y reparaciones:

El mantenimiento y la reparación de los modernos equipos motorizados, y de sus módulos que son relevantes para su seguridad, requieren una formación técnica calificada y un taller dotado de herramientas especiales e instrumentos convenientes para las comprobaciones. Es por ello que SOLO recomienda mandar ejecutar todos los trabajos que no vienen descritos en el presente manual por un taller SOLO especializado. El técnico cuenta con la formación, experiencia y equipos necesarios, para ofrecerle a usted siempre la solución que sea la más económica, y le prestará ayuda a través de sus sugerencias y consejos.

Piezas de repuesto:

El funcionamiento seguro y la seguridad de su aparato dependen también de la calidad de las piezas de repuesto utilizadas. Empleé únicamente piezas de repuesto originales de SOLO. Las piezas originales son las únicas que tienen la misma procedencia que el equipo, por lo que garantizan una calidad máxima en lo que al material, dimensiones, funcionalidad y seguridad se refiere. Las piezas de repuesto y los accesorios originales los tiene disponibles su distribuidor autorizado. Este cuenta también con las listas de piezas que se necesitan para averiguar los números de referencia, y se le informa permanentemente sobre cualquier detalle mejorado y demás novedades relacionadas con las piezas de repuesto. Téngase también en cuenta que si se han utilizado piezas que no son las originales de SOLO, no se podrá reclamar nada en concepto de garantía a SOLO.

Garantía:

SOLO garantiza la calidad impecable y asume los gastos de la acción correctora mediante la sustitución de las piezas afectadas en caso de defectos de material o de fabricación, siempre que se presenten dentro del período de garantía que debe ser contado desde la fecha de la venta. Téngase en cuenta que hay algunos países en los cuales rigen unas condiciones específicas de garantía. En caso de duda, consulte al vendedor. El vendedor del producto es, según esta calidad que él ostenta, el responsable de la garantía. Rogamos que sepan comprender que no podemos asumir garantía alguna por los defectos resultantes de las causas siguientes:

- No haber respetado el manual de empleo
- Haber pasado por alto los trabajos necesarios de mantenimiento y limpieza
- Desgaste por uso normal
- Empleo de raíles y cadenas con longitudes no homologadas en el caso de motosierras
- Daños por sobrecalentamiento a causa de suciedad acumulada en la carcasa del ventilador
- Intervenciones de personas no idóneas o intentos improcedentes de reparación
- Empleo de insumos no idóneos o ya vencidos
- Daños atribuibles a las condiciones de servicio propias del uso en arriendo

Los trabajos de limpieza, conservación y ajuste no son considerados como prestaciones abarcadas por la garantía. Todos los trabajos en concepto de garantía tendrán que ser realizados por un distribuidor autorizado de SOLO.

7. Instrucciones de montaje

La pulverizadora está montada excepto la palanca de mano. Esta puede ser montada tanto en el lado derecho como en el lado izquierdo (con manguera de presión y mango premontados) 1 unidad Palanca manual (palanca LX). De fábrica, la pulverizadora se suministra para el montaje a la izquierda (mirando en dirección a la inscripción del depósito) de la palanca manual (palanca LX).



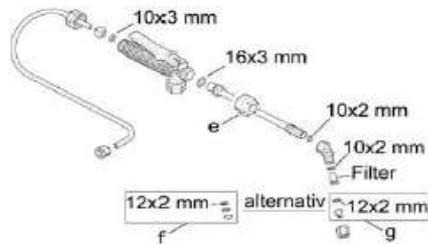
(representación esquemática / según versión)

Si se desea montar la palanca manual (palanca LX) en el otro lado, deberá trasladarse el fijador (a) al lado opuesto de forma correspondiente.

Para el montaje de la palanca LX, el soporte tubular (b) de la palanca LX debe señalar hacia atrás y arriba (mirando en dirección a la inscripción del depósito) Para detener el equipo, puede girarse hacia arriba la palanca de bombeo (c) de la palanca LX en el soporte tubular (b) y enganchar el tubo pulverizador en las dos presillas (d).

Para trabajar, vuelva a girar hacia abajo la palanca de bombeo (c) en el soporte tubular (b).

8. Elección de tobera

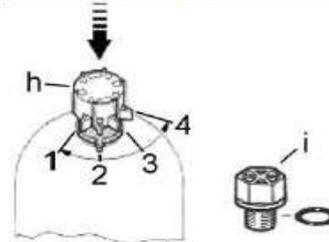


El tubo de pulverización es fijado por medio de la conexión de cuña cortante atomillando la tuerca de unión (e) en la válvula de mano.

Para el tratamiento de arbustos, arboles, etc. (repartición tridimensional), los tuberos con imagen de pulverización cónica central hueca (f) son los mejor apropiados. Para el tratamiento de áreas (repartición idimensional), recomendamos la tobera para chorro plano (g).

Para el tratamiento de arbustos altos o arboles un tubo pulverizador árbol (150 cm) es obtenible como accesorio (número de pedido 49 00 528).

9. Ajuste de presión

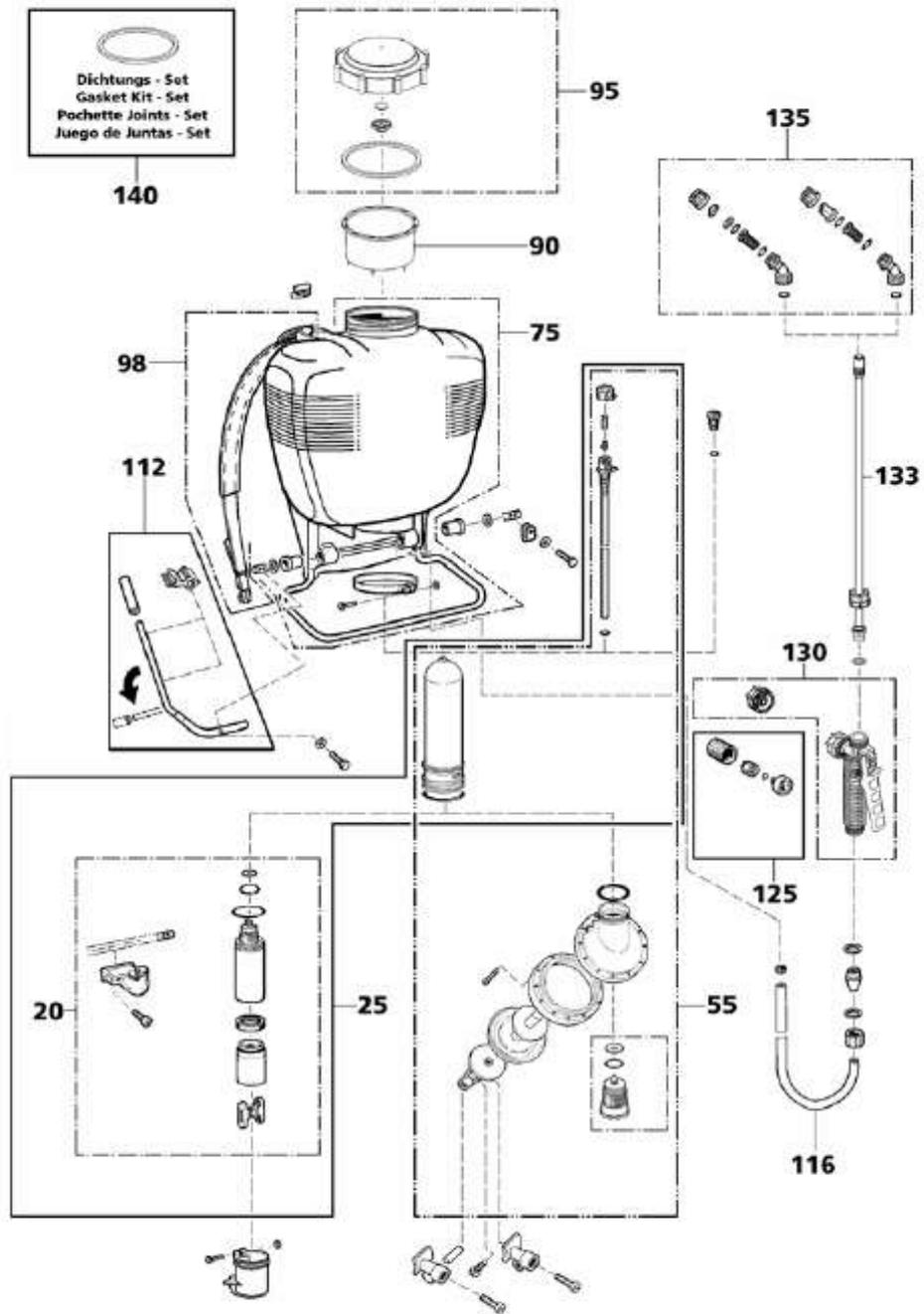


Para ajustar la cantidad de pulverización o bien el tamaño de las gotitas, regule la presión de pulverización mediante los escalones en un campo de aprox. 1 a 4 bares.

Ajuste la presión antes de llenar el líquido de pulverización girando la tapa de regulación (h) que está situada por encima de la marcación de la cámara de aire

Si es necesaria una presión de pulverización de más de 4 bares, recomendamos de reemplazar la pieza de ajuste por el tapón contenido en el volumen de suministro (i) SW 24 - número de pedido 42 00 215 - después de dejar salir la sobrepresión.

15. Piezas de repuesto



Anexo 7. Hoja técnica de la batería FP1212

FirstPower Technology Co., Ltd.

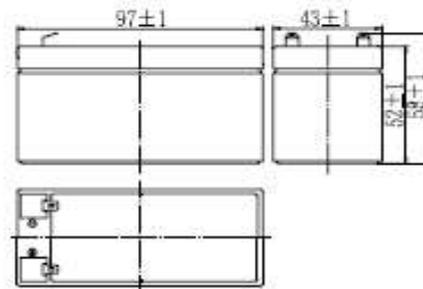
FP1212 (12V1.2Ah)

Specifications:

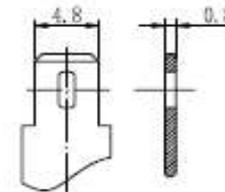
Nominal Voltage		12 V
Capacity (25°C)	20HR(10.5V)	1.2Ah
	10HR(10.5V)	1.12Ah
	1HR(9.60V)	0.78Ah
Dimension	Length	97 ± 1mm (3.82inch)
	Width	43 ± 1mm (1.69inch)
	Height	52 ± 1mm (2.05inch)
	Total Height	58 ± 1mm (2.28inch)
Approx. Weight		0.52kg (1.15lbs) ± 5%
Terminal type		T1
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 90mΩ
Capacity affected by temperature (20HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C ± 5°C (77°F ± 5°F)
Operating temperature range	Discharge	-15°C ~ 50°C (5°F ~ 122°F)
	Charge	-10°C ~ 50°C (14°F ~ 122°F)
	Storage	-20°C ~ 50°C (-4°F ~ 122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.60 to 13.80V Temperature compensation: -18mV/°C
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V Temperature compensation: -30mV/°C
Maximum charging current		0.36A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		18A(5 sec.)
Designed floating life(20°C)		10years



Dimensions



Terminal



Terminal T1

- ◆ Absorbent glass mat technology.
- ◆ Recognized by UL & CE;
- ◆ ABS container.

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

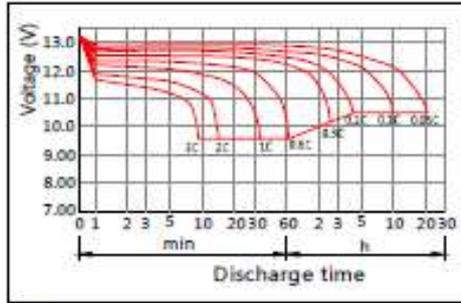
F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	10h	20h
9.60V	4.56	2.88	2.28	1.27	0.78	0.43	0.306	0.245	0.208	0.113	0.061
9.90V	4.42	2.79	2.23	1.25	0.77	0.42	0.304	0.243	0.207	0.113	0.061
10.2V	4.24	2.68	2.14	1.21	0.75	0.42	0.302	0.242	0.205	0.112	0.060
10.5V	4.06	2.56	2.07	1.18	0.73	0.41	0.300	0.240	0.204	0.112	0.060
10.8V	3.83	2.42	1.96	1.14	0.71	0.40	0.291	0.233	0.198	0.109	0.059

Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

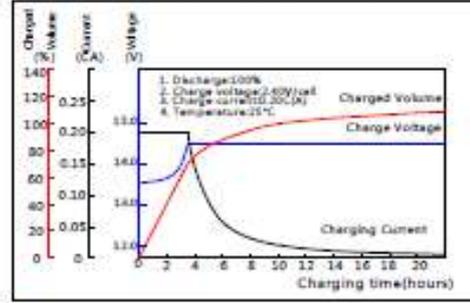
F.V/TIME	5min	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	10h	20h
9.60V	50.9	32.5	26.0	14.6	9.0	4.99	3.64	2.92	2.48	1.36	0.73
9.90V	49.4	31.5	25.4	14.3	8.9	4.96	3.61	2.90	2.47	1.35	0.73
10.2V	47.3	30.2	24.4	13.8	8.7	4.91	3.59	2.88	2.45	1.35	0.72
10.5V	45.3	28.9	23.6	13.5	8.5	4.84	3.56	2.86	2.44	1.34	0.72
10.8V	42.7	27.3	22.4	13.0	8.2	4.72	3.46	2.77	2.36	1.31	0.71

Note: The above characteristics data can be obtained within three charge/discharge cycles.

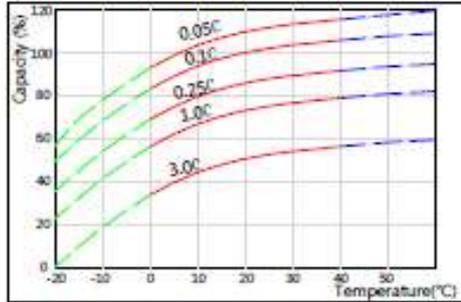
Discharge Characteristics(25°C)



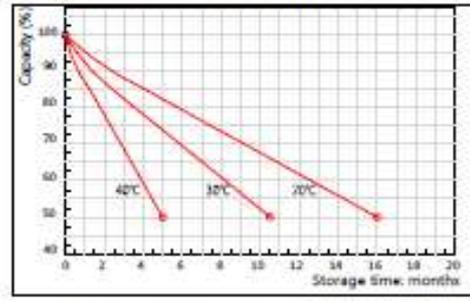
Charging Characteristics(25°C)



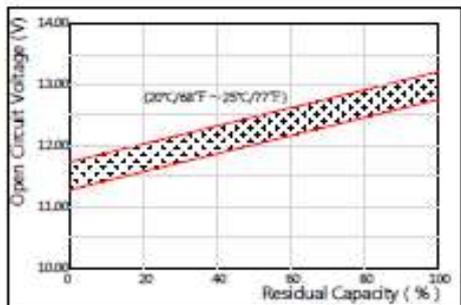
Effect of Temperature on Capacity



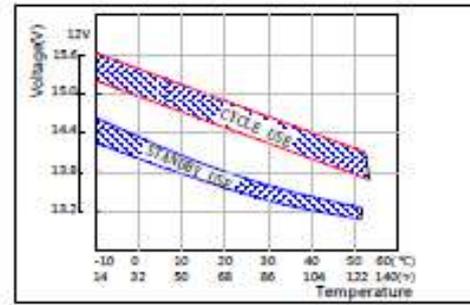
Self-discharge Characteristics



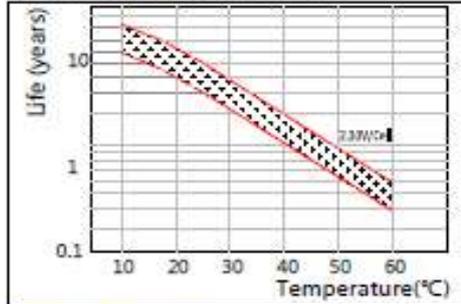
The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25°C)



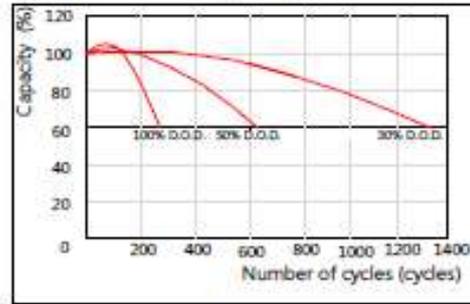
The Relationship for Charging Voltage and Temperature



Floating Life on Temperature



Cycle Life on D.O.D(25°C)



Anexo 8. Programación del sistema para el proceso de mezclado automático en las plantaciones de cacao

```

#include <Wire.h>
#include <LCD.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4,
5, 6, 7, 3, POSITIVE); // Addr, En,
Rw, Rs, d4, d5, d6, d7, backlighpin,
polarity

int duracion, distancia;

#define PIN_TRIG 11
#define PIN_ECO 12

#define bomba_1 10
#define bomba_2 9
#define motor 8
#define bomba_3 7
#define sound A0

int uno = 0;
int dos = 0;
int tres = 0;
int cuatro =0;

const int b1 = 6;
const int b2 = 5;
const int b3 = 4;
const int b4 = 3;
const int b0 = A1;

int p1 = 0;
int p2 = 0;
int p3 = 0;
int p4 = 0;
int p0 = 0;

int lleno_q;

void setup(){

    pinMode(sound,OUTPUT);
    pinMode(bomba_1,OUTPUT);
    pinMode(bomba_2,OUTPUT);
    pinMode(bomba_3,OUTPUT);
    pinMode(motor,OUTPUT);

    pinMode(PIN_TRIG,OUTPUT); //
    PIN 12 como salida
    pinMode(PIN_ECO,INPUT); // PIN
    13 como entrada

    pinMode(b0,INPUT);
    pinMode(b1,INPUT);
    pinMode(b2,INPUT);
    pinMode(b3,INPUT);
    pinMode(b4,INPUT);

    lcd.begin(16,2);

    lleno_q = 0;

    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(" TANQUE ");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(" AUTOMATICO
");
    //Esperamos
    delay(5000);
    //Y lo borramos
    lcd.clear();
}

void loop(){

    digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(PIN_TRIG,HIGH); //
    Flanco ascendente
    delayMicroseconds(15); // Duracion
    del pulso
    digitalWrite(PIN_TRIG,LOW); //
    Flanco descendente

    duracion =
    pulseIn(PIN_ECO,HIGH);
    distancia = int(duracion/2)/29;

    if(isnan(duracion) ||
    isnan(distancia)){

    }

    lcd.setCursor(0, 0);

```

```

        lcd.print("  INGRESE  ");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("  AGUA  ");
    }
}

if(distancia >= 8 && distancia <= 10
) {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(" NIVEL DEL AGUA
");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("  COMPLETO  ");
    digitalWrite(sound,HIGH);
    delay(5000);
    digitalWrite(sound,LOW);
    lcd.clear();
    tres = 1;
    quimico();
}

}

void quimico(){

while(tres == 1){
    p1 = digitalRead(b1);
    p0 = digitalRead(b0);
    //p0 = analogRead(b0);

    lcd.setCursor(4, 0);
    lcd.print("INGRESE");
    lcd.setCursor(2, 1);
    lcd.print("AGROQUIMICO");

    if ((p1 == LOW) && (lleno_q ==
0)){
        //if ((p0 > 1000) && (lleno_q ==
0)){
            digitalWrite(bomba_1,HIGH);
            lleno_q = 1;
        }

        if((p0 == HIGH) && (lleno_q ==
1)){
            lleno_q = 0;
            digitalWrite(bomba_1,LOW);
            tres = 0;
            uno = 1;
            lcd.clear();
            drenar();
        }
}

        lcd.setCursor(5, 0);
        lcd.print("DRENAR");
        lcd.setCursor(4, 1);
        lcd.print("QUIMICO");
        //
        // if(p2 == LOW){
        //     lcd.clear();
        //     delay(1);
        //     lcd.setCursor(4, 0);
        //     lcd.print("DRENANDO");
        //     lcd.setCursor(2, 1);
        //     lcd.print("AGROQUIMICO");
        //     digitalWrite(bomba_2,HIGH);
        //     delay(21000);

        //     uno = 0;
        //     dos = 1;
        //     lcd.clear();
        //     mezclclar();
        // }

    }

}

void drenar(){

while(uno == 1){

    //p2 = digitalRead(b2);

    //
    //     lcd.setCursor(5, 0);
    //     lcd.print("DRENAR");
    //     lcd.setCursor(4, 1);
    //     lcd.print("QUIMICO");
    //     //
    //     // if(p2 == LOW){
    //     //     lcd.clear();
    //     //     delay(1);
    //     //     lcd.setCursor(4, 0);
    //     //     lcd.print("DRENANDO");
    //     //     lcd.setCursor(2, 1);
    //     //     lcd.print("AGROQUIMICO");
    //     //     digitalWrite(bomba_2,HIGH);
    //     //     delay(21000);

    //     uno = 0;
    //     dos = 1;
    //     lcd.clear();
    //     mezclclar();
    // }

}

}

void mezclclar(){

    digitalWrite(bomba_2,LOW);
    while(dos == 1){

        p3 = digitalRead(b3);

        lcd.setCursor(4, 0);
        lcd.print("AGITAR");
        lcd.setCursor(2, 1);
        lcd.print("LA MEZCLA");

        if(p3 == 0){
            lcd.setCursor(3, 0);
            lcd.print("AGITANDO");
            lcd.setCursor(2, 1);

```

```

        lcd.print(" LA MEZCLA");
        digitalWrite(motor,HIGH);
        delay(60000);
        delay(60000);
        delay(60000);
//    delay(60000);
//    delay(60000);
        lcd.clear();
        digitalWrite(motor,LOW);
        dos = 0;
        cuatro = 1;
        drenar_fin();
    }

}

}

void drenar_fin(){

    while(cuatro == 1){

        p4 = digitalRead(b4);

        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("DRENAR      LA
MEZCLA");
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("      DEL TANQUE
");

        if(p4 == 0){
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print("DRENANDO
TANQUE");
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print("ESPERE.... ");
            digitalWrite(bomba_3,HIGH);
            delay(60000);    //tiempo    de
drenado
            delay(60000);    //tiempo    de
drenado
            //delay(60000);    //tiempo    de
drenado
            lcd.setCursor(0, 0);
            lcd.print(" PROCESO ");
            lcd.setCursor(0, 1);
            lcd.print(" FINALIZADO ");
            digitalWrite(bomba_3,LOW);
            delay(2000);

```

Anexo 9. Programación para el sistema de control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual

```
#include <LiquidCrystal.h>
// Llamamos a la libreria para
// controlar el LCD de Arduino
LiquidCrystal lcd(7,8,9,10,11,12);
// Definicion de los pines asignados
// al LCD
#include <Wire.h>
#include "DHT.h"
// Llamamos a la libreria de sensor
// DHT
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
// Definimos el pin de Arduino al que
// conectamos el pin de datos del sensor
// Indicamos el tipo de sensor
// (DHT22)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int led1=5;
int led2=4;

const int pausa = 6;
int paro = 0;

int uno = 0;

// Sonido sonoro
int buzzer =3;

void setup() {

    pinMode(buzzer,OUTPUT); // Pin de
    // salida

    // Iniciamos la comunicacion en el
    // Monitor Serial y editamos un texto
    // descriptivo
    Serial.begin(9600);
    Serial.println("Prueba del Sensor
    DHT22");
    // Asignamos el pin 5 y pin 4 como
    // salidas
    pinMode(led1,OUTPUT);
    pinMode(led2,OUTPUT);
    pinMode(pausa,INPUT);

    // Iniciamos el sensor de temperatura
    // y humedad
    dht.begin();

    lcd.begin(16,2);
    // Situamos el cursor en la posicion
    // 0 de la primera linea
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("MONITOREO ACTIV0");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write("BOMBA
    FUMIGACION");

    //Esperamos
    delay(2000);
    //Y lo borramos
    lcd.clear();

}

void loop() {
// Colocamos un retraso de 2 segundos
// debido que el Sensor DHT22 realiza
// lectura cada 2 segundos
    delay(2000);

    // Establecemos 2 variables, (hum)
    // para la humedad relativa % y (tem)
    // para la temperatura °C
    float hum = dht.readHumidity();
    float tem = dht.readTemperature();

    // Con la funcion isnan controlamos
    // que el valor recibido del sensor sea un
    // numero.
    if(isnan(hum) || isnan(tem)){
        Serial.println("Error al leer Sensor
        DHT");
        return;
    }

    paro = digitalRead(pausa);

    if(paro == 0){
        uno = 1;
    }
}
```

```

    lcd.clear();
    delay(1);
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(" PARO DE ");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print(" EMERGENCIA ");
    delay(2000);
    lcd.clear();
    detenido();
}
// Mostramos la información obtenida
de la Temperatura y Humedad del
Sensor en el Monitor Serial
// El (\t) separado de
datos(tabulador)en el monitor serial
// El Serial.println nos cambia de linea
en la siguiente lectura recibida
Serial.print("Humedad: ");
Serial.print(hum);
Serial.print("%\t");
Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(tem);
Serial.println(" *C ");

// Inicializamos el LCD que usamos
de 16X2, 16 caracteres y 2 lineas
lcd.begin(16,2);
// Situamos el cursor en la posicion
0 de la primera linea
lcd.setCursor(0,0);
// Mensaje de Inicio

//Mostramos la temperatura en el
LCD
lcd.write("Temperatura: ");
lcd.setCursor(12,0);
lcd.print(tem);
lcd.setCursor(14,0);
lcd.write((char)223);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.write("C");

// Mostramos la humedad en el LCD
lcd.setCursor(0,1);
lcd.write("Humedad: ");
lcd.setCursor(9,1);
lcd.print(hum);
lcd.setCursor(14,1);

```

```

    lcd.write("%");

// Aviso de temperatura led 1 y
activacion del rele

if(tem <= 19 ) {
    digitalWrite (led1,HIGH);
    // AVISO EN EL LCD
    lcd.clear();
    delay(100);
    lcd.setCursor(2,0);
    lcd.print(" DISMINUCION");
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print(" DE TEMPERATURA");
    delay(100);

    digitalWrite(buzzer,HIGH); //EMITE
AVISO DE SONIDO
    delay(500); //TIME
    digitalWrite(buzzer, LOW); //
    delay(500);// TIME
}
if(tem >= 20 && tem <= 26) {
    digitalWrite (led1,LOW);
    delay(1000);
}
if(tem >= 27 ) {
    digitalWrite (led1,HIGH);
    lcd.clear();
    delay(100);
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(" EXCESO DE ");
    lcd.setCursor(2,1);
    lcd.print(" TEMPERATURA ");
    delay(100);
    digitalWrite(buzzer,HIGH); //EMITE
AVISO DE SONIDO
    delay(500); //TIME
    digitalWrite(buzzer, LOW); //
    delay(500);// TIME
}

// Aviso de Humedad led 2
if(hum <= 39 ) {
    digitalWrite (led2,HIGH); // LED DE
AVISO
    // AVISO EN EL LCD
    lcd.clear();
    delay(100);
    lcd.setCursor(2,0);

```

```

    lcd.print(" DISMINUCION");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" DE HUMEDAD");
    delay(100);

    digitalWrite(buzzer,HIGH); //EMITE
    AVISO DE SONIDO
    delay(500); //TIME
    digitalWrite(buzzer, LOW); //
    delay(500);// TIME
}
if(hum >= 40 && hum <= 85) {
    digitalWrite (led2,LOW);
    delay(1000);
}
if(hum >= 86 ) {
    digitalWrite (led2,HIGH); // LED DE
    AVISO
    // MENSAJE DE AVISO EN LCD
    lcd.clear();
    delay(100);
    lcd.setCursor(3,0);
    lcd.print(" EXCESO DE ");
    lcd.setCursor(3,1);
    lcd.print(" HUMEDAD ");
    delay(100);

    digitalWrite(buzzer,HIGH); //EMITE
    AVISO DE SONIDO
    delay(500); // TIME
    digitalWrite(buzzer, LOW); //
    delay(500); // TIME
}

}

void detenido(){

    while(uno == 1){

        digitalWrite(led1,HIGH);
        digitalWrite(led2,HIGH);
        digitalWrite(buzzer,HIGH);
        //EMITE AVISO DE SONIDO
        delay(100); //TIME
        digitalWrite(buzzer, LOW); //
        delay(100);//TIME

        paro = digitalRead(pausa);

        lcd.setCursor(5,0);
        lcd.print("SISTEMA");
        lcd.setCursor(5,1);
        lcd.print("DETENIDO");
        delay(600);
        lcd.clear();
        delay(200);

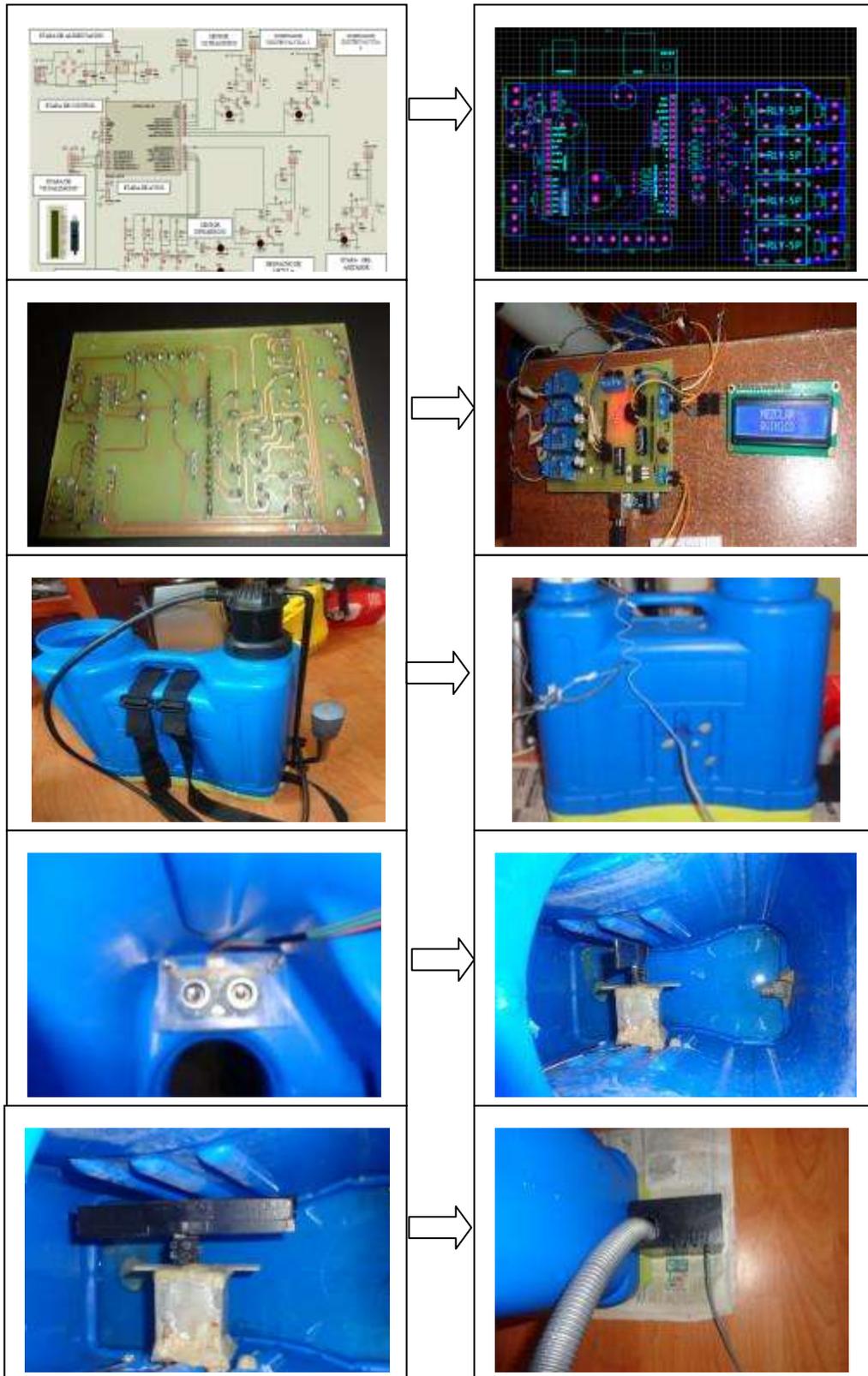
        if(paro == 0){
            lcd.clear();
            delay(1);
            lcd.setCursor(0,0);
            lcd.setCursor(4,0);
            lcd.print("SISTEMA");
            lcd.setCursor(5,1);
            lcd.print("ACTIVO");
            delay(1000);
            lcd.clear();
            uno = 0;
        }

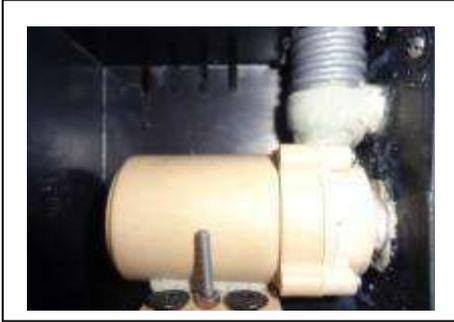
    }

}

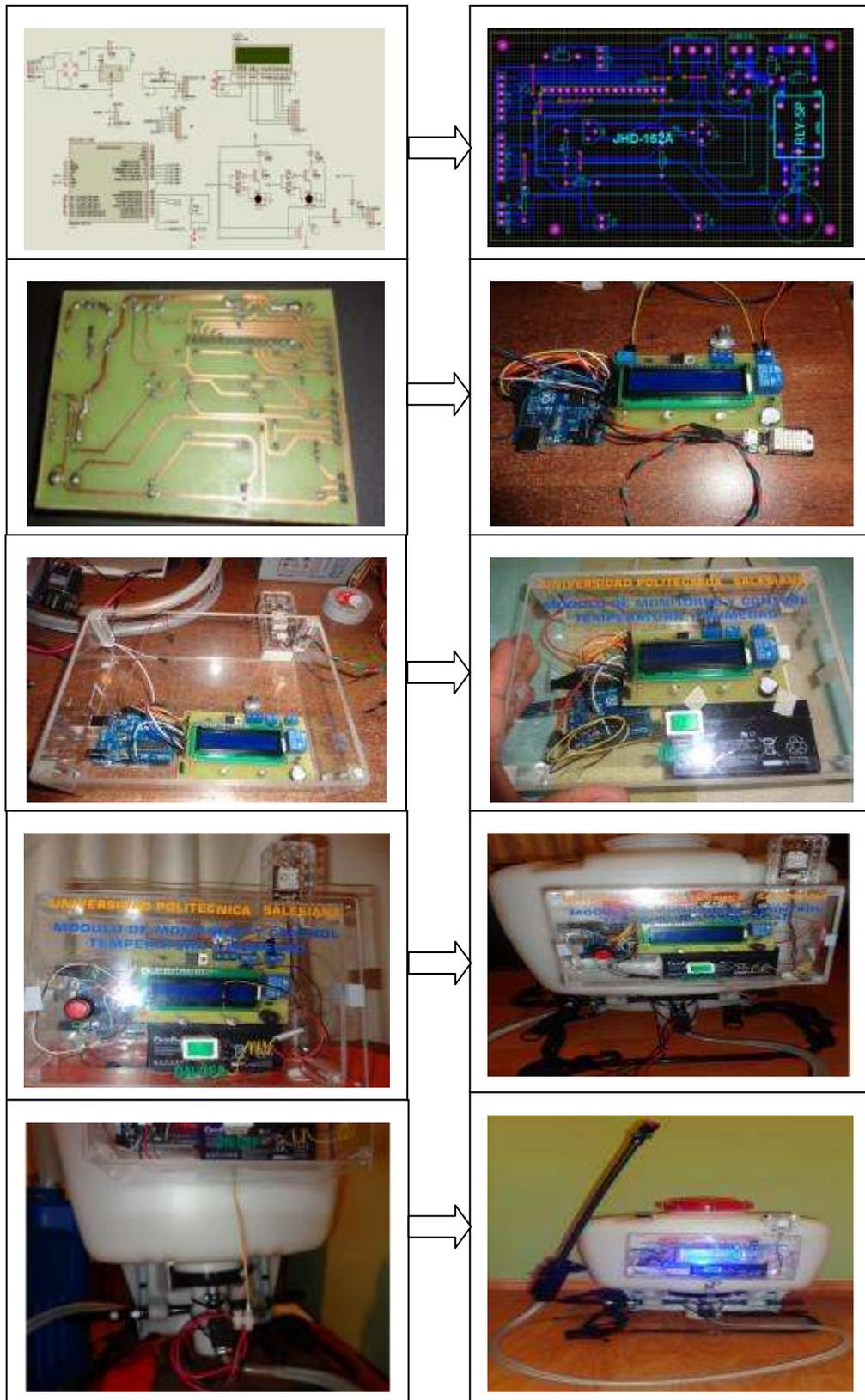
```

Anexo 10. Galería de fotografías del proceso de construcción del prototipo para el proceso de mezclado en las plantaciones de cacao





Anexo 11. Galería de fotografías del proceso de construcción del prototipo para el control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual



Anexo 12. Certificación de presentación del proyecto de tesis al MAGAP


GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPÚBLICA DOMINICANA


Ministerio
de Agricultura, Ganadería,
Acuicultura y Pesca
Dirección Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas

Av. Juan Pablo II, Santo Domingo
Teléfono: 809 277 0000 / 277 0000
www.magap.gob.do / www.magap.gov.do
Santo Domingo, República Dominicana

Santo Domingo,
18 de febrero de 2016,

CERTIFICADO

A petición del interesado, **certifico:**

Que, el señor Diego Armando Molina Puma, con cédula de ciudadanía No. 1003849286, realizó la presentación del proyecto técnico de tema de tesis, “**DESARROLLO DE UN SISTEMA PROTOTIPO DE CONTROL PARA MEZCLADO Y MONITOREO DEL PROCESO DE FUMIGACIÓN MANUAL EN PLANTACIONES DE CACAO DE LA COMUNA FLOR DEL VALLE- SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS**”, el cual fué presentado y revisado por parte del Ing. Agr. David Narváez del Técnico de la Unidad de Innovación Tecnológica Participativa y Productividad Agrícola del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP) de Santo Domingo de los Tsáchilas.

Por este motivo se agradece al señor Diego Molina por la colaboración brindada en este proyecto, que es de gran aporte a la comunidad y el cual tendrá fines sociales.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, el interesado puede hacer uso del presente documento el momento que estime necesario.

Atentamente,




Dr. Oswaldo Ofilio Espinosa Espinosa
DIRECTOR PROVINCIAL-MAGAP
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS.
18-02-2016.

Anexo 13. Manual de uso

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO

El prototipo de control para el proceso de fumigación manual se divide en dos equipos que son:

El sistema prototipo de mezclado que permite realizar la mezcla del agroquímico con el agua de manera automática. El volumen para realizar la mezcla es de 15 litros de agua con 75 ml de agroquímico.

El segundo equipo emplea un pulverizador manual que tiene un sistema de control que permite monitorear la temperatura y humedad relativa del sitio al momento de realizar la aplicación de la mezcla en los cultivos.

2. PRECAUCIONES

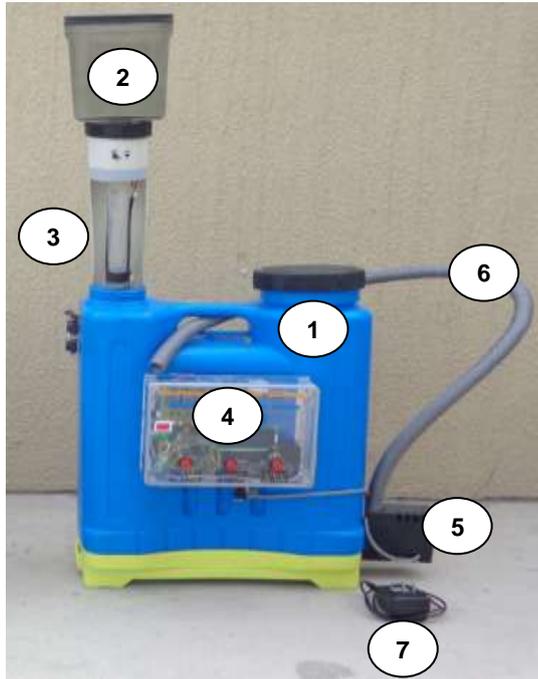


Seguir las normas de seguridad antes de empezar a trabajar con el sistema prototipo que se indican a continuación:

- Utilizar ropa de protección
- Utilizar guantes
- Utilizar mascarilla con filtro de protección
- Usar gafas o protector facial
- Usar botas de caucho
- Usar protección para el cabello (gorra o capucha)
- Disponer al menos de 20 litros agua
- La presentación del agroquímico debe ser en forma líquida
- Antes de usar el equipo verificar que las baterías tienen nivel de carga.
- Definir un sitio apropiado para colocar los equipos
- Evitar el consumo de alimentos y bebidas antes durante y después de la aplicación.
- Seguir todas las instrucciones y recomendaciones de seguridad para la aplicación de productos químicos.

3. IDENTIFICACIÓN DE PARTES DEL PROTOTIPO

Partes del prototipo para el proceso de mezcla



1. Tanque de mezcla. Capacidad 20 litros
2. Tanque de depósito del agroquímico. Capacidad 1 litro
3. Dosificador
4. Módulo de control
5. Bomba de transferencia
6. Ducto de transporte de mezcla
7. Cargador de batería 12 voltios

Elaborado por: Diego Molina

Partes del prototipo para el control y monitoreo de la temperatura y humedad relativa en la bomba de fumigación manual



1. Pulverizador manual
2. Módulo de control
3. Sensor de temperatura y humedad DHT-22
4. Sistema de bloqueo y desbloqueo
5. Lanza pulverizadora
6. Cargador de batería 12 voltios

Elaborado por: Diego Molina

PASOS PARA UTILIZAR EL PROTOTIPO

La siguiente lista indica cómo se debe utilizar el prototipo:

1	Colocar los prototipos como se representa en la imagen.	
2	Situarse el interruptor en posición ON del prototipo para el proceso de mezclado.	
3	Ingresar agua en el tanque de mezcla.	
4	Esperar hasta que el nivel de agua este completo y sea alertado por el display LCD y el sonido del zumbador.	
5	Ingresar el agroquímico en el tanque de depósito, y luego colocar la tapa.	

6	Esperar que el display LCD indique la siguiente función.	
7	Pulsar el botón DOSIFICADOR DEL QUIMICO.	
8	Esperar que el display LCD indique la siguiente función.	
9	Pulsar el botón AGITADOR DE LA MEZCLA y esperar durante 6 minutos.	
10	El display LCD indica lo siguiente	
11	Colocar el ducto de transporte de mezcla en el pulverizador manual. Pulsar el botón DESPACHO DE MEZCLA para realizar la transferencia.	
12	Esperar que toda mezcla se haya transferido hacia el pulverizador manual. Una vez terminada la transferencia apagar el equipo desde el interruptor en OFF	

13	Colocar el interruptor en posición ON del módulo de control en el pulverizador manual.	
14	Esperar que arranque el sistema.	
15	Observar la temperatura y humedad en el display LCD.	
16	Si no se presenta ninguna alerta tanto visual en el display LCD como sonora se procede a fumigar con el prototipo.	
17	Si presenta una alerta visual con la variable humedad como indica el display LCD, además el led se ilumina y se escucha una alerta sonora el pulverizador manual se bloquea automáticamente.	
18	Si presenta una alerta visual con la variable temperatura como indica el display LCD, además el led se ilumina y se escucha una alerta sonora el pulverizador manual se bloquea automáticamente.	

19	Si por cualquier situación se necesita parar el proceso de fumigación pulsar el botón rojo de paro de emergencia.	
20	<p>Al pulsar el botón de paro de emergencia el display LCD indica SISTEMA DETENIDO, los leds se encienden, se escucha una alerta sonora y queda bloqueada la lanza de pulverización.</p> <p>Una vez superada la emergencia, volver a pulsar el botón rojo para reanudar el funcionamiento del equipo.</p>	

4. MANTEMIENTO DESPUES DEL USO DEL PROTOTIPO

Después de cada jornada de trabajo se recomienda las siguientes indicaciones:

1	Para realizar la limpieza del equipo de mezcla se debe realizar en un lugar apropiado (NO EN RIOS O ESTEROS), USAR UNICAMENTE AGUA repitiendo el proceso de mezcla durante 3 veces. (triple lavado)	
2	<p>La misma operación para el pulverizador manual.</p> <p>Se debe realizar en un lugar apropiado (NO EN RIOS O ESTEROS), USAR UNICAMENTE AGUA repitiendo el proceso durante 3 veces. (triple lavado)</p>	

3	<p>Después del proceso de limpieza al prototipo de mezclado se debe conectar el cargador de batería en cualquier toma de 110 voltios durante 2 horas para cargar la batería como se indica en la figura.</p>	
4	<p>Del mismo caso después del proceso de limpieza al prototipo de monitoreo conectar el cargador de batería en cualquier toma de 110 voltios durante 2 horas para cargar la batería como se indica en la figura.</p>	