



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA INFORMÁTICA**

**TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
INFORMÁTICA**

**TEMA:**

**SISTEMATIZACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL  
CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L) EN EL ÁREA DE  
AGRÍCOLA DE LA ESPAM MFL**

**AUTORAS:**

**GEMA TERESA PALMA ALCÍVAR  
YENIFER DAYANA PALMA MORA**

**TUTOR:**

**ING. HAROLD M. BUENAVENTURA AVEIGA**

**CALCETA, JULIO 2013**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

Gema Teresa Palma Alcívar y Yenifer Dayana Palma Mora, declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su reglamento.

**GEMA T. PALMA ALCÍVAR**

**YENIFER D. PALMA MORA**

## CERTIFICACIÓN DE TUTOR

Harold Miguel Buenaventura Aveiga certifica haber tutelado la tesis **SISTEMATIZACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L) EN EL ÁREA DE AGRÍCOLA DE LA ESPAM MFL**, que ha sido desarrollada por Gema Teresa Palma Alcívar y Yenifer Dayana Palma Mora, previa la obtención del título de Ingeniera en Informática, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. HAROLD M. BUENAVENTURA AVEIGA**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaran que han **APROBADO** la tesis **SISTEMATIZACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L) EN EL ÁREA DE AGRÍCOLA DE LA ESPAM MFL**, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por Gema Teresa Palma Alcívar y Yenifer Dayana Palma Mora, previa la obtención del título de Ingeniera en Informática, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TESIS DE GRADO DE TERCER NIVEL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. DANIEL A. MERA MARTÍNEZ**  
**SECRETARIO**

---

**ING. ORLANDO AYALA PULLAS**  
**MIEMBRO DE TRIBUNAL**

---

**ING. RICARDO A. VÉLEZ VALAREZO.**  
**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

El ser humano posee virtudes y valores que lo hacen único, y muy inteligente, ser amable y agradecer por todos los días de vida es un acto de un hombre ejemplar y haciendo honor a esto expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a Dios por darnos una oportunidad cada amanecer, a nuestros padres por el apoyo incondicional durante toda la vida estudiantil, por no abandonar la batalla junto a nosotros, siendo los pilares fundamentales de la lucha por alcanzar una meta, esperando se sientan orgullosos de las hijas que formaron.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos dio la oportunidad de una educación superior de calidad y en la cual hemos forjado nuestros conocimientos profesionales día a día.

Se les agradece de manera muy comedida a todos los docentes de la Carrera de Informática, ya que a través de todos estos semestres han aportado a los conocimientos de los estudiantes que se forman en esta institución educativa, siendo parte de este logro.

**LAS AUTORAS**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos este trabajo a Dios contando con su bendición, por habernos dado la vida, la salud, la fortaleza, el coraje, la valentía y las ganas de seguir adelante sin desmayar. Con mucho cariño y amor a nuestros padres, por ser parte de este logro, nuestros hermanos, y compañeros por compartir momentos gratos en los que aprendimos a valorar una gran amistad, y a ser un grupo de estudiantes colaboradores, activos y sobre todo unidos, aceptando nuestros errores y pidiendo disculpas.

**LAS AUTORAS**

## CONTENIDO GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA .....	ii
CERTIFICACIÓN DE TUTOR .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1.  PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2.  JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3.  OBJETIVOS .....	4
1.3.1.  OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2.  OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4.  IDEAS A DEFENDER.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1  PRODUCCIÓN DE CACAO ( <i>Theobroma cacao</i> L) .....	5
2.1.1  PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN Y RIEGO .....	6
2.2  EL RIEGO .....	7
2.2.1  MÉTODOS .....	7
2.2.2  IMPORTANCIA .....	8
2.2.3  EL RIEGO EN EL SUELO, CLIMA Y CULTIVO .....	9
2.3  EL CULTIVO DE CACAO.....	9
2.3.1  CARACTERÍSTICAS DEL CACAO .....	10
2.3.2  NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO .....	11
2.4  SISTEMAS DE RIEGO.....	12
2.4.1  CLASIFICACIÓN.....	12
2.5  TECNOLOGIA PARA UN SISTEMA DE RIEGO .....	13
2.5.1  LOCALIZADA.- .....	13
2.5.2  GOTEO.- .....	13
2.5.3  MICROASPERSIÓN.- .....	13
2.6  AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO.....	13
2.6.1  PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS.....	14
2.7.  COMUNICACIÓN SERIAL .....	14
2.7.1.  FORMAS DE COMUNICACIÓN SERIAL .....	15
2.8.  COMPONENTES ELECTRÓNICOS .....	15

2.8.1. RESISTENCIAS .....	15
2.8.2. CONDENSADORES .....	15
2.8.3. DIODOS LED .....	16
2.8.4. TRANSISTORES .....	16
2.8.5. RELAY.....	16
2.8.6. CONECTORES .....	17
2.8.7. RELOJ DS1307N .....	17
2.8.8. CRISTALES DE CUARZO (OSCILADORES) .....	18
2.8.9. ZUMBADOR.....	18
2.8.10. ESTAÑO.....	18
2.8.11. PAPEL TRANSFER.....	19
2.8.12. BAQUELITAS.....	19
2.8.13. CLORURO FERRICO .....	19
2.9. HERRAMIENTA MECÁNICA .....	19
2.9.1. BROCA.....	19
2.10. HERRAMIENTA ELÉCTRICA .....	19
2.10.1. CAUTIN .....	19
2.11. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	20
2.11.1. LOS MICRO .....	20
2.11.2. MEMORIA 24LC16B .....	21
2.11.3. SENSORES .....	21
2.12. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DE MICRO CONTROLADORES ...	22
2.12.1. COMPILADOR PICBASIC.....	22
2.13. SOFTWARE PARA DISEÑAR EL CIRCUITO IMPRESO .....	23
2.13.1 SOFTWARE PROTEUS.....	24
2.13.2 SOFTWARE DIPTRACE .....	28
2.14. MODELO INCREMENTAL .....	30
2.14.1 ANÁLISIS .....	31
2.14.2 DISEÑO.....	31
2.14.3 CODIGO .....	31
2.14.4 PRUEBAS .....	32
CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO .....	33
3.1 MÉTODOS CIENTÍFICOS.....	33
3.1.1 MÉTODO INDUCTIVO.....	33
3.1.2 MÉTODO DEDUCTIVO.....	33
3.2 MÉTODOS INFORMÁTICOS.....	33
3.2.1 MÉTODO INCREMENTAL.....	33



CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	44
CAPÍTULO V. PRESUPUESTO Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO .....	45
BIBLIOGRAFÍA .....	48
ANEXOS .....	52
ANEXO 1.....	53
Oficio emitido por el Ing. Elvis Castro encargado del cultivo de cacao .....	53
ANEXO 2.....	54
ANEXO 3.....	55
Instalación de los componentes del circuito principal. ....	55
ANEXO 4.....	56
Dispositivo del sistema de riego instalado en el área del cultivo. ....	56
ANEXO 5.....	57
Datos anuales 2012 Estación Meteorológica ESPAM - MFL. ....	57
ANEXO 6.....	58
Datos anuales 2013 Estación Meteorológica ESPAM - MFL. ....	58
ANEXO 7.....	59
Certificado del Centro de Idiomas de la ESPAM MFL.....	59

## CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

Figura 3. 1 Distribución del Sistema de Riego.....	34
Figura 3. 2 Estación de válvulas del sistema de riego.....	35
Figura 3. 3 Interfaz de usuario.....	37
Figura 3. 4 Pantalla del circuito simulado en PROTEUS.....	38
Figura 3. 5 Instalación de electroválvulas en la estación de llaves del sistema de riego. ....	39
Figura 4. 1 Componentes para la automatización del sistema .....	40
Figura 4. 2 Interfaz principal de usuario .....	41
Figura 4. 3 Esquema del Circuito para el sistema de riego .....	42
Tabla 4. 1 Necesidades Hídricas del Cultivo .....	41

## **RESUMEN**

En este trabajo se describe la automatización de un sistema de riego para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) de la ESPAM MFL; previo a realizar la sistematización se recabó información acerca de las necesidades hídricas del cultivo, posteriormente se diseñó el circuito principal en DipTrace estableciendo los componentes necesarios para el ensamblaje del mismo; asimismo la creación del código fuente para el microcontrolador en PIC CSS Compiler, el cual se validaba mediante el Proteus, que constató a través de la simulación del dispositivo el funcionamiento lógico indicado al finalizar la programación y las pruebas físicas que se hicieron al encender el dispositivo en la estación de las válvulas ubicadas en la Carrera de Agrícola. La determinación de los elementos es de vital importancia para no causar retrasos, así como la facilidad que proporciona el diseño de la placa para una implementación adecuada de los componentes y establecer las condiciones necesarias para la automatización del sistema de riego por medio de la programación, el mismo que para validar el funcionamiento se deben realizar las pruebas necesarias.

## **PALABRAS CLAVES**

Sistematización, necesidades, dispositivo, programación, válvulas, Placa.

## **ABSTRACT**

This paper describes the automation of an irrigation system for the cultivation of cacao (*Theobroma cacao* L) of MFL ESPAM, before undertaking the systematic gathered information about crop water needs, then designed the main circuit DipTrace establishing the necessary components for assembly; thereof also the creation of source code for the PIC microcontroller Compiler CSS, which is validated by Proteus which found through simulation indicated logical operation device to finish programming and physical tests were made to turn the device on the valve station located in the School of Agriculture. The determination of the elements is vital for no delays and eases the design of the plate for proper implementation of the components in it and create conditions for the automation of the irrigation system through programming, the same as for validating operation are necessary testing.

## **KEY WORDS**

Systematization, needs, device, programming, valves, Plate.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Cada día en más regiones del mundo el agua se convierte en un recurso escaso y costoso, se deben tomar medidas para hacer más eficiente el uso de este recurso (Castro et al., 2008), es conocido ya que en la agricultura se consume un alto porcentaje de agua dado que la mayoría de los agricultores de nuestro medio no tienen una cultura de riego que permita utilizar la medida exacta es como también el tiempo de riego.

Según los resultados de la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (INEC, 2011) en el país se producen 224.163 toneladas métricas de cacao (*Theobroma cacao L*), de las cuales 27.813 corresponden a la provincia de Manabí entre solo y asociado, para ello hay agricultores que utilizan métodos de riego y otros que lo hacen de forma empírica. La zona de Bolívar cuenta con la infraestructura de riego presurizado, sin embargo las plantaciones de cacao continúan siendo regadas por gravedad (Solórzano, 2012).

La Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, en la carrera de Ingeniería Agrícola, cuenta con 0.55 hectáreas para el cultivo de cacao, donde se encuentra instalado un sistema de riego por aspersión, pero la institución no cuenta con el talento humano que se dedique a supervisar el riego, este trabajo es realizado por estudiantes que hacen sus prácticas en el campus, lo que hace menos confiable el tiempo de riego y control en la aplicación de recursos hídricos a la planta para su desarrollo y producción<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Rivera, R. 2012. Manejo del sistema de riego en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L*) (entrevista). Calceta-Manabí. EC. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Una vez establecida la problemática del sistema de riego por aspersión instalado en el área para el cultivo de cacao las autoras de la tesis plantean la siguiente interrogante:

¿Cómo mejorar el sistema de riego para la producción de cacao en el área de agrícola de la ESPAM MFL?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida. (Marcano, s. f). Es así como la agricultura en los países en vías de desarrollo tendrá que producir más cultivos por cada litro de agua, conservar los preciosos recursos hídricos y promover el acceso equitativo a los mismos (FAO, 2003) lo que constituye un factor importante para que la ESPAM MFL ayude a preservar este recurso a través de un procedimiento correcto para el adecuado manejo del agua. La automatización de un proceso también reduce el costo de producción de un alimento, ya que disminuye el uso del personal y a largo plazo es beneficioso para la institución.

El motivo que fundamenta este documento está establecido en el Artículo 16 del Capítulo V del Reglamento de Tesis que dispone lo siguiente: El postulante con el asesoramiento del tutor y supervisión del profesor de la asignatura “Tesis de tesis” cumplirá con la primera etapa de la tesis (formulación, presentación y aprobación de tesis) durante el período lectivo del noveno semestre. Para el caso de la formulación tendrá un plazo de cinco semanas a partir de la comunicación de la aprobación del perfil y designación del tutor (ESPAM MFL, 2012).

El desarrollo de esta tesis puede servir para que la comunidad en general observe los beneficios de la automatización de sistemas de riego, empleen tecnologías de información en su lugar de trabajo y puedan mejorar la producción, aumentar la rentabilidad del mismo y optimizar la utilización de recursos naturales que son patrimonio de la humanidad.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Automatizar el sistema de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en el área de agrícola de la ESPAM MFL para mejorar la aplicación de los recursos hídricos de forma equitativa al sembrío.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar los requisitos fundamentales para la automatización de un sistema de riego.
2. Diseñar el circuito automático para sistema de riego.
3. Programar el sistema del circuito automático de riego.
4. Implementar los dispositivos para la automatización del sistema de riego.
5. Validar el funcionamiento del sistema automatizado de riego.

## **1.4. IDEAS A DEFENDER**

La automatización del sistema de riego para el cultivo de cacao en el área de agrícola de la ESPAM MFL disminuirá el talento humano en las tareas de irrigación.

El sistema de riego automatizado permitirá optimizar el recurso hídrico en el cultivo de cacao en el área de agrícola de la ESPAM MFL.



## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao* L)**

El cacao es un árbol originario de las selvas de América Central y del Sur, su nombre científico es *Theobroma cacao* c., en griego *Theobroma* significa “comida de los dioses”. Crece mejor en climas ecuatoriales donde hay abundantes precipitaciones durante todo el año y donde hay temperaturas relativamente estables, de entre 25 – 28 grados centígrados. Este árbol se demora de 4 a 5 años para producir frutos y de 8 a 10 años en lograr su máxima producción, esto dependerá de tipo de cacao y las condiciones de la zona.

Los Mayas comenzaron a cultivar el árbol de cacao, gracias a evidencias arqueológicas en Costa Rica se comprobó que el cacao (*Theobroma cacao* L) era consumido por los Mayas 400 años Antes de Cristo. En la cultura Maya se le daba un gran valor a sus semillas, que se utilizaba como moneda y gracias a sus cualidades nutritivas, como alimento. La cultura Azteca continuo con esta tradición, elaborando con las semillas de cacao el “xocoatl”, una bebida de fuerte sabor que producía una gran energía y vitalidad. Consideraban al cacao como un don divino y un alimento de los dioses, y reservaban su consumo a personas de alta posición social.

El mercado mundial del cacao reconoce 2 grandes categorías de cacao en grano: cacao “fino o de aroma” y el cacao “al granel” o “común”. Generalmente, el cacao fino o de aroma es producido por árboles de cacao de variedad Criollo o Trinitario, mientras que el cacao al granel provienen de la variedad de árbol Forastero. Existen excepciones, por ejemplo en Ecuador los árboles de cacao Nacional, considerados de variedad Forastero, producen cacao fino o de aroma. Otra excepción en Camerún el cacao producido por árboles de variedad Trinitario es considerado cacao común. El 95% de la producción mundial anual es cacao al granel, el cual se produce en su mayor parte en el África, Asia y Brasil. El restante 5%, corresponde a cacao fino o de aroma, cuyas características distintivas de aroma y sabor son buscadas principalmente por los fabricantes de chocolates de alta calidad.

En el caso de Ecuador existe un tipo de cacao único en el mundo conocido con el nombre de “Nacional”, el cual se lo reconoce por tener una fermentación muy corta y dar un chocolate suave de buen sabor y aroma, por lo que es reconocido a nivel mundial con la clasificación fino o de aroma. Así mismo, desde el siglo XIX el cacao era cultivado en zonas de la cuenca alta de los ríos Daule y Babahoyo, los cuales forman el Río Guayas y era transportado hasta el puerto de Guayaquil para su exportación, razón por la cual se le dio el nombre de “cacao arriba”. Se siembra a una altitud máxima de 1,200 m sobre el nivel del mar, como se estableció en la denominación de origen, para obtener la certificación de cacao arriba en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI) (PRO ECUADOR, 2011).

Con objeto de analizar la economía mundial del cacao se emplearon en las proyecciones modelos cronológicos dinámicos. Para captar el proceso dinámico del ajuste de los mercados en las empresas mundiales de los granos de cacao se utilizaron fundamentalmente modelos autor-regresivos de retrasos distribuidos. Los pronósticos se obtienen a partir de modelos ADL en los que “s” es el horizonte proyectado. Los precios internacionales del cacao se incluyeron como factores exógenos. Los valores durante el horizonte proyectado se obtuvieron a partir de sus representaciones autor-regresivas. Las proyecciones se han hecho dando por supuestas unas condiciones meteorológicas normales y la continuación de las tendencias anteriores en cuanto a rendimientos, superficies cultivadas, crecimiento demográfico y crecimiento de los ingresos. Estas tendencias se han ajustado para reflejar las políticas actuales y las perspectivas futuras del mercado. Los modelos de previsión captaron los ciclos y tendencias del mercado mundial de los granos de cacao en un nivel satisfactorio (FAO, 2010).

### **2.1.1 PROBLEMAS DE PRODUCCIÓN Y RIEGO**

El cacao se produce en los países en un cinturón entre  $10^{\circ}$  N y  $10^{\circ}$  S de la línea ecuatorial, donde el clima es apropiado para el cultivo de árboles de cacao. El hábitat natural del árbol del cacao es inferior en los factores plantas de la selva tropical siempre verde, y climáticas, especialmente la temperatura y las precipitaciones, son importantes en el fomento de un crecimiento óptimo.

Las variaciones en el rendimiento de los árboles de cacao de un año a otro se ven más afectadas por las lluvias que por cualquier otro factor climático. Los árboles son muy sensibles a una deficiencia de agua en el suelo. Las precipitaciones deben ser abundantes y bien distribuidas durante todo el año. Un nivel de precipitación anual de entre 1.500 mm y 2.000 mm es generalmente preferido. Los periodos secos, donde la lluvia es inferior a 100 mm por mes, no deben ser superiores a tres meses.

El cacao necesita un suelo que contenga partículas gruesas y con una cantidad razonable de nutrientes, a una profundidad de 1,5 m para permitir el desarrollo de un buen sistema de raíces. Por debajo de ese nivel, es deseable no tener material impermeable, de modo que el exceso de agua pueda drenar. Cacao soportará anegamiento por períodos cortos, pero el exceso de agua no debe demorarse. El árbol del cacao es sensible a la falta de agua, por lo que el suelo debe tener propiedades de retención de agua y buen drenaje (ICCO, 2011).

## **2.2 EL RIEGO**

En la actualidad, la infraestructura de riego está experimentando importantes cambios tecnológicos a partir de su modalidad tradicional. Un sistema de riego debe distribuir el agua uniformemente por toda la superficie regada de manera que todas las plantas reciban la misma cantidad y esta sea la adecuada para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos durante el intervalo entre riegos (Pizarro, 1987) citado por Cun et al., (2009).

### **2.2.1 MÉTODOS**

La elección del sistema de riego a utilizar en los cultivos requiere un minucioso estudio previo de los caracteres que intervienen en el mismo. El primero es el tipo de suelo a regar, con sus factores como permeabilidad, capacidad de campo, textura, profundidad, pendiente, etc. El segundo carácter es el agua utilizada en la doble vertiente de caudal disponible y calidad de la misma. Y por fin el tercero es tipo de cultivo que se pretende regar (Hidalgo et al., 2000).

A nivel mundial, el riego consume un alto porcentaje de recursos hídricos. Por ello, actualmente se intenta probar los diferentes tipos de riego existentes con la intención de ahorrar agua sin que ello afecte a la siembra.

Existen diferentes sistemas o tipos de riego. Entre los más eficientes y más respetuosos del cuidado del medio ambiente se hallan:

- Cobertura integral: es el tipo de riego más antiguo que se adapta fácilmente en cualquier terreno. El método puede ser automatizado, móvil o de los que se entierran con un elevador telescópico.
- Riego localizado: según Perea et al., 1996 citado por Gruber 2008 en este tipo de riego se pueden utilizar el riego por goteo y el subterráneo. arroja el agua con muy baja presión hasta las raíces y hasta distribuir el goteo. El segundo con ayuda de tubos pequeños, dispuestos en el suelo o enterrados. Se riega con mucha precisión pero, fundamentalmente, se hace porque este tipo de riego ayuda a ahorrar mucha cantidad de agua. Además, se limitan las pérdidas por evaporación, dispersión o infiltración. En la actualidad, el gota a gota se utiliza mucho para regar frutas, verduras, cereales, flores o viveros pequeños. Por supuesto, podríamos utilizarlo en nuestros invernaderos pequeños o también en invernaderos caseros (Pascual, 2010).
- Riego por aspersión: Se puede considerar como una lluvia artificial, a través de la cual se riega un cultivo para su crecimiento y producción, con la ventaja de que esa lluvia es controlada para su manejo, tanto en tiempo como en intensidad. En este sistema, el agua es llevada a presión hasta los distribuidores o aspersores, diseñados para trabajar a presiones y separación diferente (Leiton, 1985).

### **2.2.2 IMPORTANCIA**

El agua requerida por los cultivos es suministrada por la naturaleza en forma de precipitación, pero cuando se vuelve escasa o su distribución no coincide con los picos de demanda, es entonces necesario para suministrar artificialmente, por irrigación. Varios métodos de riego están disponibles, y la selección de uno depende de factores tales como la disponibilidad de agua, los cultivos, las características del suelo, topografía de la tierra, y el coste asociado (Holzapfel et al., 2009).

### **2.2.3 EL RIEGO EN EL SUELO, CLIMA Y CULTIVO**

El proceso de salinización está estrechamente vinculado, sobre todo, al uso de técnicas de irrigación agrícola inapropiadas. En muchos casos, la calidad del agua aplicada al cultivo tiene efectos perjudiciales en las propiedades del suelo, pues a menudo el agua contiene cantidades elevadas de sales que se quedan en el suelo debido a la evapotranspiración del cultivo. A menos que las sales sean lavadas de las raíces (mediante un proceso que requiere suficiente agua de buena calidad y adecuadas condiciones de drenaje), para la planta será cada vez más difícil absorber agua y, a través del tiempo, las sales se acumularán en tal concentración que parcial o completamente afectará el crecimiento y, por consiguiente, su repercusión negativa en el rendimiento agrícola (Polón, 2006). El potencial que tiene el suelo para los cultivos está principalmente determinado por el ambiente que este ofrece al crecimiento de la raíz Persson, (1983) citado por Gutierrez et al., (2011).

### **2.3 EL CULTIVO DE CACAO**

El cacao es un árbol que en su mayor altura no crece arriba de veinte pies: muy cerca del suelo empieza a dividirse en cuatro ó cinco ramas, y la más gruesa no excede de siete pulgadas, su hoja es muy parecida a la del naranjo, tiene de longitud de cuatro a seis pulgadas de diámetro, de latitud de tres a cuatro, y termina en punta. El color es de un verde entre oscuro y ceniciento, y no lustro es como el naranjo. El árbol no es muy poblado de hojas, y en ocasiones suele exceder el número de mazorcas al de aquellas: la flor es blanca y mediana y de su corazón nace la mazorca como en los de más árboles el fruto: esta crece hasta seis ó siete pulgadas y en gruesa de cuatro a cinco (Ramírez, 2008).

La excelente calidad, el delicado aroma floral y el exquisito sabor “Arriba” son tres de las características que han catapultado al cacao “Nacional” como el mejor del planeta. La producción de cacao en el país se ha convertido en uno de los factores más destacados para las exportaciones agrícolas. Así pues la industria chocolatera internacional ha puesto la mira en la calidad del cacao ecuatoriano. Nuestro cacao es reconocido mundialmente por sus marcas

características de aroma y sabor, elementos claves y muy apreciados en la preparación de chocolates finos, revestimientos y coberturas.

Precisamente, debido al interés mostrado por el mercado internacional, se busca mejorar la producción de nuestro cacao tradicional, para aumentar la producción, mantener la calidad y de esta manera aumenta también la demanda. La calidad del producto ecuatoriano depende, en gran parte y medida, de la utilización de las técnicas de fermentación, utilizadas en el manejo post-cosecha del grano. Las empresas exportadoras destacan la importancia de este noble producto y lo catalogan como un gran motivador económico para actividades relevantes, como son, el turismo, la industria, el comercio y la agricultura.

El cacao representa el tercer rubro de exportación agrícola del país y constituye una fuente de ingreso para más de un centenar de pequeñas familias de agricultores cacaoteros de las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Los Ríos, El Oro, Bolívar, Pichincha, Azuay, Cañar, y la Amazonía (Montoya, 2012).

### **2.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL CACAO**

La temperatura, así como sus fluctuaciones estacionales o diarias, afecta a los procesos fisiológicos más importantes de las plantas y, particularmente, en el cacao ejerce un efecto sobre el ritmo de los brotes foliares, superficie foliar total, crecimiento secundario y floración. La humedad relativa suele ser muy alta en áreas cacaoteras y esto se ha señalado, frecuentemente, como una condición necesaria para su crecimiento y desarrollo Urquhart, (1963) citado por Gómez, et al., (2002).

El cacao requiere de suelos en los cuales las raíces puedan penetrar fácilmente, que retengan humedad durante la época seca y que permitan la circulación de aire y humedad. Sin embargo, el cacao es capaz de adaptarse a los más variados tipos de suelo, incluso en aquellos cuyo contenido de nutrientes es muy bajo. En estos suelos la producción suele ser muy limitada, pero se pueden lograr rendimientos medios si el cultivo se mantiene bajo un adecuado sombraje y si los demás factores ecológicos son favorables Braudeau, (1970) citado por Gómez, et al., (2002).

Con relación a las propiedades físicas y químicas, el cultivo requiere de suelos profundos, con buen contenido de materia orgánica, nutrientes minerales y que no contengan obstáculos, tales como piedras y gravas, que impidan el buen desarrollo radicular (Gómez, et al., 2002).

### **2.3.2 NECESIDADES HÍDRICAS DEL CULTIVO**

Debido a la necesidad de agua que tiene el cultivo para su crecimiento y desarrollo, es importante que el riego se aplique con la mayor eficiencia. Una de las mayores alternativas para lograr un buen desempeño de sistemas de riego es utilizando programación de autocontrol; es decir, sistemas que establecen la ejecución automática de riegos mediante la valoración continua de uno o varios parámetros de control. Los factores de control pueden ser edáficos (como la humedad), indicadores compuestos que relacionan variables meteorológicas y el cultivo, Allen et al., (1998) citado por Vargas et al., (2010) ha sido demostrado, que las necesidades hídricas de los cultivos están dadas por la evapotranspiración, y en general, variables que permitan determinar, en forma continua el momento y cantidad de agua necesaria para un cultivo, de tal forma que el sistema tome decisiones con el apoyo en estos indicadores en tiempo real (Oziel Espinosa, 2011).

En las necesidades hídricas del cultivo es necesario saber el momento adecuado y en la cantidad necesaria, los requerimientos de agua de los cultivos, razón por la cual para el diseño de un sistema de riego es indispensable saber (Quiñones, s.f):

- ✓ La estimación del consumo de agua diario de cada cultivo.
- ✓ La cuantificación de las necesidades hídricas de los cultivos establecidos o a establecer en un futuro.
- ✓ La distribución de los mismos en la superficie y durante el año.

De las necesidades de agua de los cultivos dependen directamente las dimensiones de las obras de riego, por lo tanto una sub-estimación o sobre-estimación de las mismas, incide directamente en el dimensionamiento y consecuentemente en su costo (Quiñones, s.f).

## **2.4 SISTEMAS DE RIEGO**

El agua requerida por los cultivos es suministrada por la naturaleza en el forma de precipitación, pero cuando escasea o su distribución no coincide con los picos de demanda, es entonces necesario para suministrar artificialmente, por irrigación (Holzapfel et al., 2009). Por eso son necesarios los sistemas de riego en el que aplican en forma de una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de se infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (Alonso, s.f).

### **2.4.1 CLASIFICACIÓN**

Los sistemas de riego se clasifican en tres tipos los cuales son:

- ✓ Alta presión
- ✓ Baja presión
- ✓ Por gravedad

**2.4.1.1 ALTA PRESIÓN.-** Los sistemas por alta presión permitirá que el agua suba hacía lugares de mayor altura, dentro de este encontramos los sistemas de riego por cañón, pivote, aspersión y goteo.

**2.4.1.2 BAJA PRESIÓN.-** Este tipo de riego tiene muchas ventajas ya que la humedad es óptima y uniforme, absorción eficiente del agua, ahorro del recurso hídrico entre otros. Además encontramos sistemas de riego por tubo ventana y caudal discontinuo.

**2.4.1.3 POR GRAVEDAD.-** Es el más tradicional y fue el usual hasta finales del Siglo XIX en que se inventó el riego localizado. Su tendencia actual es a ser sustituido por otras técnicas ya que su mayor inconveniente es el despilfarro de agua que lleva consigo. Dentro de este encontramos el riego tradicional por acequia (Beláustegui, s.f).



## **2.5 TECNOLOGIA PARA UN SISTEMA DE RIEGO**

**2.5.1 LOCALIZADA.-** Los sistemas de riego localizado son sistemas de riego en los que sólo se humedece una parte del suelo/sustrato, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica una alta frecuencia de aplicación (Montserrat, 2005).

**2.5.1.1 ESTACIONARIOS.-** Estos sistemas se adecuan tanto a riego frecuentes, diarios o casi diarios, en el caso de suelo con muy baja capacidad de retención y cultivos con raíces poco profundas, como a riegos con grandes dosis y baja frecuencia, además estos sistema permanecen fijos mientras dura la aplicación de agua (Santos, et al., 2010).

**2.5.2 GOTEO.-** estos son sistemas apropiados para el riego de árboles y arbustos tanto en exterior como en invernaderos, en los que se pretende localizar el agua a cada planta a través de un emisor (Montserrat, 2005). Según Bralts et al., 1987 citado por Basso., et al 2008 los sistemas de riego por goteo se pueden controlar las fuentes de pérdida de agua, cuando el sistema ha sido bien diseñado, manipulado y sostenido.

**2.5.3 MICROASPERSIÓN.-** sistemas de riego apropiado para el riego de grandes contenedores de árboles y arbustos de gran tamaño en invernaderos o en el exterior, que consigue, con un solo emisor, humedecer toda la superficie de sustrato (Montserrat, 2005).

## **2.6 AUTOMATIZACIÓN DE RIEGO**

Según Mendoza, (2010) la automatización de los sistemas de riego en viveros facilita un buen manejo del agua, reduce el empleo de mano de obra, evita el error humano y garantiza una mayor eficiencia. Para Villela, et al., (2007) el sistema de control de riego automatizado es capaz de medir la humedad, además es sencillo, barato, soporta las condiciones de trabajo, es de fácil operación y requiere poco mantenimiento.

### **2.6.1 PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS**

Actualmente existe tecnología disponible para programar el riego usando un análisis real de factores tales como tiempo, etapa de crecimiento del cultivo, estrés de agua deseado en la planta, aireación del suelo, potencial de agua y salinidad del suelo. Todavía en la mayoría de los casos, el programar sistemas de riego por goteo se ha limitado a un sistema de interruptor usando el tiempo o volumen de agua como la variable de control.

La computadora es programada para poner en secuencia válvulas y verificar razones de flujo y presión, viento, temperatura y otras variables indirectas. Se puede lograr una razón mínima de costo-beneficio y la mayor eficiencia con altos rendimientos en la cosecha. Los factores que contribuyen a que se use exceso de agua (control de salinidad, requisito de infiltración, pérdida en el sistema de riego y escorrentía) deben eliminarse o reducirse de modo que la aplicación precisa del riego se limiten sólo a lo que necesita la cosecha. Existen cuatro métodos en los que se puede basar la automatización de sistemas al programar el riego. Estos son: Agua del suelo, agua de la planta, estimadores de evapotranspiración y combinaciones de los anteriores (Goyal, s.f).

### **2.7. COMUNICACIÓN SERIAL**

Existen dos formas de realizar una comunicación:

- ✓ Paralela
- ✓ Serial.

La comunicación paralela transmite todos los bits de un dato simultáneamente y además es muy rápida aunque presenta la desventaja de un mayor coste, debido a una mayor necesidad de cable entre otros sumado también a que se dificulta en distancias larga (Izquierdo, 2011).

Por su parte la comunicación serial transmite un dato a la vez, es más lenta, pero posee la ventaja de necesitar un número menor en líneas para transferencias de la información y las distancias a las cuales se puede realizar el intercambio son mucho mayores (Izquierdo, 2011) .

## **2.7.1. FORMAS DE COMUNICACIÓN SERIAL**

Existen dos formas de comunicación serial:

- ✓ Sincrónica
- ✓ Asincrónica.

**2.7.1.1. COMUNICACIÓN SINCRÓNICA.-** En esta comunicación además de necesitar de una línea sobre la que se transfieren datos necesita de otra que obtenga pulsos de reloj que indiquen cuando un dato es válido; Y la duración del bit está determinada por la duración del pulso de sincronismo.

**2.7.1.2. COMUNICACIÓN ASINCRÓNICA.-** En la comunicación asincrónica, los pulsos de reloj no son necesarios y se acude a otros mecanismos para realizar la lectura y/o escritura de los datos; la duración de cada bit está determinada por la velocidad con la que se realiza el intercambio de los datos.

## **2.8. COMPONENTES ELECTRÓNICOS**

### **2.8.1. RESISTENCIAS**

Las resistencias eléctricas (R), es propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de una corriente eléctrica, en esta se encuentran los electrones libres para moverse libremente a través de los conductores, similar a la fricción mecánica. La unidad de la resistencia eléctrica en el S.I es el OHMIO ( $\Omega$ ), su nombre es dado al físico alemán George Simón ohm (\_\_\_\_\_, 2009).

### **2.8.2. CONDENSADORES**

El condensador eléctrico es uno de los dispositivos o componentes electrónicos pasivos más empleados en las placas electrónicas; está formado por dos láminas de material conductoras (metal) que se encuentran separadas por un material dieléctrico (material aislante). Su misión esencial es la de acumulación de carga eléctrica al aplicar una tensión entre sus terminales (Navarro, 2011).

### **2.8.3. DIODOS LED**

Los LEDs son dispositivos en estado sólido que generan luz de una manera radicalmente diferente a otras fuentes de luz. En los LEDs, un bajo voltaje de corriente continua (CC) circula a través de dos capas de material semiconductor. Esto resulta en la generación de fotones de luz de un reducido rango de frecuencias. El color de la luz depende del material semiconductor utilizado y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue. El semiconductor se aloja en una caja epoxi que además funciona como un sistema óptico (lente), que enfoca la luz producida. Para uso con la red de suministro eléctrico, se necesitan controladores electrónicos y convertidores de voltaje. El nivel de innovación tecnológica y de ingeniería involucrada en los LEDs modernos es mucho mayor que en las fuentes convencionales de luz (Greenpeace, s.f).

### **2.8.4. TRANSISTORES**

Los transistores son dispositivos electrónicos semiconductores que cumplen funciones de amplificador, oscilador, conmutador o rectificador. Existen varios tipos de transistores:

- ✓ Los fototransistores
- ✓ Transistor uniunión
- ✓ Transistores IGBT
- ✓ Transistores de efecto de campo
  - JFET
  - MESFET
  - MOSFET
- ✓ Transistores bipolar de unión (Willer, s.f).

### **2.8.5. RELAY**

El relé o relay es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Es un conmutador eléctrico especializado que permite controlar un dispositivo de gran potencia (un motor) mediante un dispositivo de potencia mucho menor (el puerto de un micro controlador) Es activado por señales en la mayoría de las veces se utiliza una pequeña tensión o corriente para conmutar tensiones o corrientes mayores, puede ser de tipo electromecánico o totalmente electrónico (Jiménez, 2011).

## **2.8.6. CONECTORES**

### **2.8.6.1. CONECTORES USB TIPO A**

Son los más conocido y reconocido de los conectores USB. Consiste en un rectángulo aplanado con conexiones internas y una única manera de enchufar para evitar circuitos erróneos. Existen en modalidades macho y hembra, y los conectores hembra son los típicos que podemos observar en cualquier PC. Los conectores macho los encontramos al extremo del cable que se enchufa al ordenador de cualquier dispositivo externo que se comunique vía USB (pendrive, impresoras, teléfonos, PDA, reproductores de MP3, etcétera).

Existen conectores USB Tipo A macho que sólo disponen de contactos de corriente y tienen los pines de datos anulados. Son muy típicos en conexiones de discos duros externos que necesitan más de un puerto USB para recibir la energía suficiente para funcionar (Rodríguez, 2010).

### **2.8.6.2. CONECTORES USB TIPO B**

También en versiones macho y hembra, son los conectores USB que suelen ir “al otro lado del cable” (véase imagen), es decir, lo que se enchufan al dispositivo en cuestión que queremos comunicar con la computadora, y también los conectores hembra de estos dispositivos (Rodríguez, 2010) .

## **2.8.7. RELOJ DS1307N**

El DS1307 Reloj Serial Tiempo Real es una de bajo consumo, reloj calendario completo BCD / más 56 bytes de SRAM no volátil. Dirección y los datos se transfieren en serie a través de una 2-hilos bidireccional de bus. El reloj / calendario provee segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año de

información. El final del mes de la fecha se ajusta automáticamente durante meses con menos de 31 días, incluyendo correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona tanto en el formato de 24 horas o de 12 horas con AM / PM indicador. El DS1307 tiene un circuito de potencia incorporado en el sentido que detecta fallas de energía y cambia automáticamente a la fuente de la batería (Datasheet Catalog, s.f).

#### **2.8.8. CRISTALES DE CUARZO (OSCILADORES)**

Los cristales de cuarzo pueden proporcionar frecuencias de hasta 10 MHz sin gran dificultad. Para frecuencias más altas es necesario disminuir drásticamente el espesor del cristal x lo que el cristal se vuelve muy frágil u difícil de manejar. Estos cristales pueden ser capaces de oscilar hasta unos 150 MHz (Alcalde, 2009).

#### **2.8.9. ZUMBADOR**

Un zumbador es un transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido del mismo tono que puede ser continuo o intermitente. Se utiliza como mecanismo de señalización o aviso en múltiples sistemas como en automóviles o en electrodomésticos. Para lograr distintos tonos puede ser conectado a distintos tipos de circuitos.

El zumbador consta de dos elementos básicos: un electroimán y una lámina metálica de acero. Cuando la corriente pasa por la bobina del electroimán, se produce un campo magnético variable que hace vibrar la lámina de acero, lo cual produce un tono (\_\_\_\_\_, 2012).

#### **2.8.10. ESTAÑO**

Es un elemento metálico blando, con color blanco plateado, es tan maleable y dúctil, que se le puede enrollar en hojas de menos de una milésima de centímetro de espesor, que forman el conocido papel de estaño. Su número atómico es 50, y se identifica en la tabla periódica de elementos con el símbolo de Sn.

Se usa para la soldadura blanda, aleado con plomo. Además se utiliza para

recubrir las latas de acero ya que no es tóxico ni corrosivo. Los compuestos de estaño se usan para fungicidas, tintes, dentífricos ( $\text{SnF}_2$ ) y pigmentos.

### **2.8.11. PAPEL TRANSFER**

El papel transfer es utilizado en impresoras láser normal que utilizan silicona o aceite, estas impresoras tienen que ser de alta temperatura con tecnología Led e impresoras de inyección de tinta, además son ideales para imprimir el circuito en la Palca base.

### **2.8.12. BAQUELITAS**

Las baquelitas, es un tipo de resina, el cual es muy utilizada para diversos propósitos uno de ellos para realizar circuitos impresos, ya que son ideales por ser un material plástico termoestables, tiene resistencia al calor, al agua y a otros solventes fuertes.

### **2.8.13. CLORURO FERRICO**

El cloruro férrico es utilizado para grabados de circuitos impresos es muy lento y poco corrosivo, no permite dañar las perforaciones o vías del circuito impreso donde se taladra con pequeñas brocas.

## **2.9. HERRAMIENTA MECÁNICA**

### **2.9.1. BROCA**

La broca, dependiendo de su tamaño, es una pieza metálica de corte que crea orificios en diversos materiales cuando se coloca en una herramienta mecánica como taladro, berbiquí u otra máquina Su función es quitar material y formar un orificio o cavidad cilíndrica.

## **2.10. HERRAMIENTA ELÉCTRICA**

### **2.10.1. CAUTIN**

El cautín es una herramienta eléctrica muy sencilla que posee un conjunto de elementos que al estar correctamente conectados van a generar en una barra de metal el calor suficiente para poder derretir los distintos metales (estaño, oro, etc.) utilizados para las soldaduras de los circuitos eléctricos y

electrónicos. El mismo está compuesto por cinco elementos básicos y fundamentales para su funcionamiento correcto.

- ✓ Barra de metal
- ✓ Alambre cobre
- ✓ Cable de conexión
- ✓ Enchufe
- ✓ Estructura de plástico o madera Martínez, et al., (2009)

## **2.11. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS**

### **2.11.1. LOS MICRO**

En la actualidad el uso de herramientas de software de simulación para modelar controladores análogos y digitales es ampliamente utilizado en la mayoría de los laboratorios de educación superior y en organizaciones dedicadas al control automático (Álvarez, et al.,2009 ). El PBP produce código que puede ser programado para una variedad de micro controladores PIC que tengan de 8 a 68 pines y varias opciones en el chip incluyendo convertidores A/D, temporizadores y puertos seriales.

Hay algunos micros PIC que no trabajaran con el PBP, por ejemplo las series PIC 16C5X incluyendo el PIC 16C54 Y PIC 15C58. Estos micro PIC están basados en el viejo núcleo de 12 bit en lugar del núcleo más corriente de 14 bit. El PBP necesita alguna de las opciones que solamente están disponibles con el núcleo de 14 bit como el stack (pila) de 8 niveles.

Hay muchos micros PIC, algunos compatibles pin a pin con la serie 5 X, que pueden ser usados con el PBP. La lista incluye:

- PIC16C554, 556, 558, 61, 62(A),
- 620, 621, 622, 63, 64(A), 65(A),
- 71, 710, 711, 715, 72, 73(A), 74(A),
- 84, 923, 924,
- PIC16F83 y 84,
- PIC12C671 y 672



- PIC14C000, (Manual PicB, s.f.)

### **2.11.1.1. MICROCONTROLADOR PIC 18F4550**

Los microcontroladores PIC18 son ideales para baja potencia y aplicaciones de conectividad que benefician de la disponibilidad de tres puertos seriales: FS-USB (12 Mbit / s), I<sup>2</sup>C™ y SPI™ (hasta 10 Mbit / s) y asincrónica un (LIN capaz) de serie puerto (EUSART). Además contiene grandes cantidades de memoria RAM para almacenamiento temporal y la memoria de programa Flash mejorada, lo hacen ideal para aplicaciones de control embebido y control que requieren una conexión periódica con un ordenador personal a través de USB para los datos de carga / descarga y / o actualizaciones de firmware.

### **2.11.2. MEMORIA 24LC16B**

El Microchip Technology Inc. 24AA16/24LC16B (24XX16 \*) es un 16 Kbit PROM eléctricamente borrable. Este dispositivo está organizado como ocho bloques de 256 x 8-bit de memoria con una interfaz en serie 2-hilos. De baja tensión diseño permite el funcionamiento a 1,8 V con el recurso seguro y las corrientes activas de sólo 1 µA y 1 mA, respectivamente. El 24XX16 también tiene una capacidad de escritura de página para un máximo de 16 bytes de datos. El 24XX16 está disponible en el estándar de 8-pin SOIC, montaje en superficie SOIC, TSSOP y paquetes MSOP y también está disponible en el 5-lead SOT-23 paquete (DatashhetCatalog, 2012).

### **2.11.3. SENSORES**

Un sensor es un dispositivo que detecta una determinada acción externa. Los sensores existen desde siempre, porque el hombre los tiene incluidos en su cuerpo y de diferentes tipos.

Los sensores electrónicos han ayudado no solo a medir con mayor exactitud las magnitudes, sino poder operar con dichas medidas. No se puede hablar de los sensores sin sus acondicionadores de señal, ya que normalmente los sensores ofrecen una variación de señal muy pequeña y es muy importante equilibrar las características del sensor con las del circuito que le permite

medir, acondicionar, procesar y actuar con dichas señales. (Gómez & Lasluisa, 2007).

## **2.12. SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN DE MICRO CONTROLADORES**

Tradicionalmente muchos programadores de micro controladores PIC utilizan el lenguaje ensamblador para realizar sus tesis, pero en la actualidad existen compiladores de lenguajes de alto nivel que permiten realizar las mismas tareas en un menor tiempo de desarrollo y con mucha mayor facilidad en la programación (Henaó, et al., 2009). Actualmente en la industria se ha generalizado el uso de los Controladores Lógicos Programables (PLC's) para el control y automatización de procesos de fabricación Villela, et al., (2007).

### **2.12.1. COMPILADOR PICBASIC**

El compilador PicBasic Pro (PBP) es un lenguaje de programación de nueva generación que hace más fácil y rápido para usted programar micro controladores Pic micro de Microchip Technology. El lenguaje Basic es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador Microchip. El PBP es similar al "BASIC STAMP II" y tiene muchas de las librerías y funciones de los BASIC STAMP I y II. Como es un compilador real los programas se ejecutan mucho más rápido y pueden ser mayores que sus equivalentes STAMP. El programa en ensamblador en un sistema basado en CPU y hay que traducirlo a hexadecimal o a binario.

### **2.12.2 EL CÓDIGO FUENTE**

El código fuente está constituido por una sucesión de líneas de programa. Cada línea suele estar compuesta por cuatro campos diferentes los cuales están separados por una o más tabulaciones. Estos campos son los siguientes:

- Campo de etiquetas.
- Campo de instrucciones.
- Campo de operandos y datos.
- Campo de comentarios.

### **2.12.2.1 ETIQUETAS**

Las etiquetas son expresiones alfanuméricas escogidas por el usuario, su función principal es identificar a una instrucción dentro del programa. Sin embargo, a pesar de que el nombre de las etiquetas lo determina el usuario, estas no pueden llevar el nombre de una instrucción del assembler o de un operando.

### **2.12.2.2 INSTRUCCIONES**

El segundo campo es para las instrucciones, las cuales le indican al microcontrolador la tarea que debe realizar. Suele ser una instrucción del micro que es directamente traducida a código máquina por el ensamblador.

### **2.12.2.3 OPERANDOS Y DATOS**

Esta columna contiene los operandos para las instrucciones, y estos campos pueden tener uno o más separados por comas. Es importante destacar que algunos no llevan datos.

### **2.12.2.4 COMENTARIOS**

Los comentarios se escriben generalmente en el último campo, pero solo es por una cuestión de orden y estilo, puesto que pueden ir escritos en cualquier parte (excepto entremedio de una etiqueta, instrucción u operando).

Los comentarios son palabras, frases o textos escritos por el programador, con el fin de explicar o hacer una breve descripción de lo que se está realizando, de manera tal que posteriormente no sea dificultoso entender el programa o modificarlo (Caro, s.f).

## **2.13. SOFTWARE PARA DISEÑAR EL CIRCUITO IMPRESO**

Existe una gran variedad de software para diseñar los circuitos entre los cuales tenemos los siguientes:

- ✓ OrCAD
- ✓ Proteus
- ✓ EDWinXP - Herramienta de diseño, simulación de esquemáticos, simulación de código VHDL y elaboración de PCBs.

- ✓ Circuit Maker - Herramienta de diseño, simulación de esquemáticos y elaboración de PCBs.
- ✓ FreePCB - Herramienta libre para Windows.
- ✓ PCB – Herramienta libre para X11.
- ✓ gEDA – Familia de herramientas EDA, disponibles bajo GPL
- ✓ Kicad – GPL PCB suite
- ✓ EAGLE – Herramienta comercial, existe una versión gratis para amateurs (con limitaciones en el tamaño de la tarjeta)
- ✓ Cadstar – Completa herramienta comercial para el desarrollo de PCBs
- ✓ Cadstar Express – Herramienta de diseño gratis.
- ✓ Altium Designer – Sistema de desarrollo completo.
- ✓ Zuken – Software de diseño.

### **2.13.1 SOFTWARE PROTEUS**

Proteus VSM es un co-simulador de microprocesadores dentro de un simulador PSPICE de modo mixto (digital/analógico) desarrollado por Labcenter Electronics. Proteus es un entorno de desarrollo CAD, integra diversas herramientas de software para las tareas más comunes en el desarrollo de software para las tareas más comunes en el desarrollo de `proyectos electrónicos tales como: captura de esquemáticos, fabricación de circuitos impresos y simulación basada en PSPICE. Las herramientas que conforma el software son los siguientes:

- ✓ ISIS (Intelligent Schematic Input System).
- ✓ VSM (Virtual System Modelling).
- ✓ ARES (Advanced Routing and Editing Software)

#### **2.13.1.1. ISIS**

Es un programa de diseño electrónico que permite realizar esquemas simulados en el entorno de VSM o pasados a un circuito impreso ya en el entorno ARES. Posee una colección de librerías de modelos tanto para dibujar, simular. Además, permite la creación de nuevos componentes, su modelización

para su simulación posee la posibilidad de solicitar al fabricante la creación de nuevos módulos (Rodas, 2010).

Características más relevantes que posee ISIS:

- ✓ Librerías de componentes
- ✓ Conexión automática entre dos puntos del esquema.
- ✓ Es compatible con la mayoría de programas para realizar PCB.
- ✓ Enumeración automática de componentes, entre otros (Aganza, s.f).

#### **2.13.1.2. VSM**

Una de las prestaciones de Proteus, integrada con ISIS, es VSM, el Virtual System Modeling (Sistema Virtual de Modelado), una extensión integrada con ISIS, con la cual se puede simular, en tiempo real, con posibilidad de más rapidez este módulo de simulación incluye PROSPICE; todas las características de varias familias de microcontroladores. Se pueden simular circuitos con microcontroladores conectados a distintos dispositivos, como motores, lcd's, teclados en matriz, etc. Incluye, entre otras, las familias de PIC's PIC10, PIC12, PIC16, PIC18, PIC24 y dsPIC33. ISIS es el corazón del entorno integrado PROTEUS. Combina un entorno de diseño de una potencia excepcional con una enorme capacidad de controlar la apariencia final de los dibujos.

ProSPICE es una herramienta, además es un el simulador de circuitos SPICE. Está basado en el estándar SPICE3F5 de Berkeley con ampliaciones para realizar una combinación de simulación y animación de circuitos.

Características de la versión avanzada de ProSPICE.

- ✓ Análisis estándar SPICE incluyendo transitorios analógicos, transitorios digitales, transitorios de modo mixto, frecuencias, transformadas de Fourier, ruidos, distorsiones, curvas de transferencia y puntos de operación.
- ✓ Visualización de gráficos analógicos, digitales y de buses de datos.

- ✓ Análisis de audio y cálculos de ondas para ejecutar en tarjetas de sonido.
- ✓ Los análisis interactivos se ejecutan dentro de la simulación y se muestra el resultado en forma de gráfico.
- ✓ Análisis para homologaciones con destino a pruebas de control de calidad.
- ✓ Sondas que permiten obtener gráficos de funciones matemáticas derivadas a partir de las medidas de voltaje y corriente.
- ✓ Obtención de medidas exactas mediante la utilización de cursores en los gráficos.
- ✓ Capacidad de exportar los resultados de la simulación a otro software en formato CSV (\_\_\_\_.2012)

### **2.13.1.3. ARES**

ARES, o Advanced Routing and Editing Software (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper).

- ✓ Forma manual: Ejecutando ARES directamente, y ubicando cada componente en el circuito. Tener cuidado al DRC, Design Rules Checker (Verificador de Reglas de Diseño).
- ✓ Forma automática: El propio programa puede trazar las pistas, si se guarda previamente el circuito en ISIS, y haciendo clic en el ícono de ARES, en el programa, el programa compone la Netlist (Ingeniería Eléctrica Electrónica, s.f).

Existen dos métodos de Autorouter.

#### **Método 1 (Autorouter)**

1. Poner SOLO los componentes en la board.
2. Especificar el área de la placa (con un rectángulo, tipo "Board Edge")
3. Hacer clic en "Autorouter", en la barra de botones superior

- a. Editar la estrategia de ruteo en "Edit Strategies"
- b. Hacer clic en "OK"

#### Método 2 (Electra Autorouter)

Utilizando el módulo Electra (Electra Auto Router), el cual, una vez colocados los componentes trazará automáticamente las pistas realizando varias pasadas para optimizar el resultado.

Con Ares además se puede tener una visualización en 3D del PCB que se ha diseñado, al haber terminado de realizar la ubicación de piezas, capas y ruteo, con la herramienta "3D Visualization", en el menú output, la cual se puede demorar, solo haciendo los trazos un periodo de tiempo un poco más largo que el de los componentes, los cuales salen al empezar la visualización en 3D

Las características principales de Ares Incluyen:

- ✓ Base de datos de alta precisión de 32bits con resolución lineal de 10nm, resolución angular de 0.1° y placas de un máximo de 10m, Ares permite hasta 16 capas de cobre, dos de etiquetas, cuatro capas mecánicas además de capas de soldadura y pasta.
- ✓ Integración con Isis para la captura del esquemático, basado en listas de nodos, que incluye la habilidad de especificar la habilidad de ruteado en el esquemático.
- ✓ Reportes de revisión de reglas físicas y de conectividad.
- ✓ Características potentes de edición que incluyen el ruteado topológico, auto-trazo y soporte para trazos ovalados.
- ✓ Librería de símbolos en 2D.
- ✓ Soporte completo en unidades métricas.
- ✓ Estilos ilimitados de trazos, vías y zócalos.
- ✓ Salida para un amplio número de impresoras y plotters, así como en formato BMP, DXF, EPS, WMF.

## **2.13.2 SOFTWARE DIPTRACE**

DipTrace es un uso avanzado del software del diseño del PWB que consiste en la disposición del PWB de 4 módulos con la automóvil-rebajadora y automóvil-placer eficientes, los redactores esquemáticos de la captura, del componente y del patrón que permiten que usted diseñe sus propias bibliotecas componentes. DipTrace tiene una rebajadora automática de gran alcance, superior a muchas rebajadoras incluidas en otros paquetes de la disposición del PWB. Puede encaminar una sola capa y tableros de circuito de múltiples capas, y hay una opción a la ruta auto al solo tablero de la capa con los alambres de puente, si procede. DipTrace también provee de usted la ayuda auto externa de la rebajadora. Las herramientas manuales elegantes del encaminamiento permiten que los usuarios concluyan el diseño y que consigan los resultados que desean en un centelleo de un ojo. Los módulos de DipTrace permiten que intercambie diagramas esquemáticos, disposiciones y bibliotecas por otros paquetes de EDA y del cad. Los formatos de la salida son DXF, Gerber, taladro y G-código. Las bibliotecas estándares contienen más de 98.000 componentes.

### **2.13.2.1 CARACTERÍSTICAS DEL DIPTRACE**

- Fácil de aprender la interfaz de usuario.- Para diseñar un esquema, sólo tiene que seleccionar y colocar componentes en el documento y conectarlos entre sí utilizando el cable y herramientas de autobuses. Esquemas multihoja y jerárquicas son compatibles.
- Fácil de usar enrutamiento automático y manual de gran alcance.- PCB DipTrace software incluye 2 routers automáticos (Forma y basado en la red basada en-). Router forma es capaz de diseños de ruta compleja con componentes SMD así como tableros de una sola capa. Router Grid también se puede hacer de una sola capa con placas de cables de puente. Con specetra DSN / SES interfaz puede utilizar trazador automático externo basado en la forma o topológico. Manuales inteligentes herramientas de trazado le permite crear y editar trazos en unos 90, 45 grados o sin ninguna limitación. Trazas curvas son compatibles. A través de, vías ciegas enterrados o se puede utilizar en



automático y el enrutamiento manual. Tamaño de la placa no está limitado.

- Forma basado en cobre verter.- Potente sistema de relleno de cobre puede ayudar a reducir los costes de fabricación, reduciendo al mínimo la cantidad de solución de ataque requerido. Para usarlo, todo lo que tienes que hacer es insertar un área de cobre en la placa en el programa de diseño de PCB y de cualquier plataforma o huella dentro del área seleccionada será automáticamente rodeado de un espacio del tamaño deseado. El uso de cobre vierte también puede crear planos y conectarlos a los pads y vías diferentes (tipos térmicos son compatibles).
- Funciones avanzadas de verificación.- Esquema de diseño de PCB y los módulos tienen varias características que ayudan a la precisión de verificación de control de proyectos en diferentes etapas de diseño: la función de ERC muestra los posibles errores en las conexiones de pines esquema utilizando las reglas definidas y le permite corregir errores, paso a paso. Función DRC comprueba la distancia entre los objetos de diseño, el tamaño mínimo de los tiros, y los ejercicios. Los errores se muestran gráficamente y se pueden fijar paso a paso y volver a ejecutar la RDC en un clic después de las correcciones. Compruebe la conectividad de red verifica si todas las redes de PCB están conectadas eléctricamente. Esta función utiliza las huellas, cobre verter zona llena y las formas de control de la conectividad, que comunica las redes rotas y se combina con los detalles de la zona. Haciendo comparación con el esquema, este permite comprobar si el enrutado de PCB es idéntico al del esquemático.
- 3D PCB Prevista.- DipTrace módulo de diseño de PCB incluye la función de vista previa en 3D que muestra cómo su proyecto terminado se verá así. Esta función utiliza la aceleración de hardware de gráficos, por lo que puede cambiar de color y rotar / zoom / pan bordo en tiempo real. 2500 + modelos de paquete 3D están disponibles de forma gratuita y se puede utilizar cualquiera de los modelos en VRML 2.0 o formatos 3DS.
- Especies Support.- Con la captura de esquema o editor de componentes DipTrace especificar la configuración de especies o adjuntar modelos a

las partes. Después de exportación. Cir net-list de su Esquema de LT Spice u otro software de simulación para verificar su funcionamiento.

- Import / Export Características.- Módulos del paquete le permiten intercambiar esquemas, diseños y bibliotecas con otros paquetes EDA y CAD (DXF, Eagle, P-CAD, PADS, OrCAD). DipTrace Esquema Captura y diseño PCB también apoyan Accel, Allegro, Mentor, cojines, P-CAD, Protel y formatos Tango netlist.
- Fabricación de formatos de salida.- DipTrace proporciona soporte para un número de diferentes formatos de fabricación de salida. El uso de este software PCB puede producir N / C archivos de perforación para control numérico (NC) taladradoras y RS-274X archivos Gerber para enviar a los fabricantes de mesa. Vectorización función permite exportar true-type fuentes e imágenes raster. También DipTrace soporta salida DXF.
- Producción de PCB utilizando el método de fresado.- DipTrace le permite exportar a DXF polilíneas de borde. Los archivos DXF se puede convertir en código G con Ace Converter (es gratis). Antes de exportar el borde de la función DRC programa de diseño de pcb comprueba el diseño y muestra los posibles problemas si existe.
- Bibliotecas de componentes estándar.- DipTrace paquete incluye bibliotecas de componentes y el patrón que contienen 100.000 + componentes de diferentes fabricantes.
- Creación de sus propias bibliotecas.- Editores de componentes y patrones permiten diseñar sus propios símbolos y modelos. Para crear componentes completos simplemente conectarlas entre sí mediante el Editor de componentes (Novarm, 2002).

## **2.14. MODELO INCREMENTAL**

El modelo incremental fue propuesto por Harlan Mills en el año 1980. Surgió el enfoque incremental de desarrollo como una forma de reducir la repetición del trabajo en el proceso de desarrollo y dar oportunidad de retrasar la toma de decisiones en los requisitos hasta adquirir experiencia con el sistema. Este modelo se conoce también bajo las siguientes denominaciones:

- Método de las comparaciones limitadas sucesivas.
- Ciencia de salir del paso.
- Método de atacar el problema por ramas.

El Modelo Incremental combina elementos del Modelo Lineal Secuencial con la filosofía interactiva de Construcción de Prototipos.

El modelo incremental se divide en 4 partes:

- Análisis
- Diseño
- Código
- Prueba. Bermudez, C. et al. s.f.

#### **2.14.1 ANÁLISIS**

En esta etapa, se realiza una recopilación y análisis detallado de todas las especificaciones de los requerimientos del sistema. Estos deben ser realizados de una manera clara y precisa que permita cumplir con todas las necesidades, la forma en la cual se va a dar solución o alcanzar un objetivo.

#### **2.14.2 DISEÑO**

El diseño se genera teniendo en cuenta los parámetros y el análisis de requerimientos que se hayan obtenido en el desarrollo de un resultado acorde con el problema. Además permite describir como el sistema va a satisfacer los requerimientos.

#### **2.14.3 CODIGO**

El código fuente es un texto escrito en el que se describen las reglas y de sintaxis propias del lenguaje. El compilador es utilizado para la redacción del código fuente es lo que se denomina un lenguaje de alto nivel, esto es, un lenguaje en que el programador puede expresarse con cierta facilidad por ser el más próximo al lenguaje natural. De ahí se describe en código objeto idioma que entiende el computador.

#### **2.14.4 PRUEBAS**

La prueba se centra en la lógica interna del software, y en las funciones externas, realizándolas a que aseguren que la entrada definida produce los resultados que realmente se requieren. Estas pruebas se las realizan en el software de programación.

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

El actual informe de tesis se desarrolló en el área de Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en la ciudad de Calceta, cabecera cantonal del cantón Bolívar, el cual se culminó en un periodo de 9 meses empezando desde Septiembre 2012 hasta Junio de 2013, en el que se llevó a cabo la automatización del sistema de riego por aspersión que posee el cultivo de cacao para mejorar el uso eficiente del agua y que proporcione un control de riego del mismo.

### **3.1 MÉTODOS CIENTÍFICOS**

#### **3.1.1 MÉTODO INDUCTIVO**

De acuerdo a lo observado por las autoras del presente informe de tesis en el área de cultivo de cacao en la carrera de agrícola se detectó que existe instalado un sistema de riego por aspersión que es administrado por una persona, por lo general un estudiante que realiza prácticas comunitarias, lo que por circunstancias ajenas puede descuidar el control del riego y esto hace que varíe el tiempo de la aplicación de los recursos hídricos, lo que afecta directamente al rendimiento de las plantas y funcionamiento del sistema de riego como tal.

#### **3.1.2 MÉTODO DEDUCTIVO**

A partir de la generalización que se realizó al utilizar el método inductivo se señaló que la aplicación de automatización al sistema de riego instalado lo haría más eficiente y confiable en cuanto a su uso, lo que beneficiaría a la producción del cultivo de cacao en el área de agrícola de la ESPAM MFL.

### **3.2 MÉTODOS INFORMÁTICOS**

#### **3.2.1 MÉTODO INCREMENTAL**

El método que se utilizó es el modelo incremental, el cual detalla a continuación cada una de las fases de automatización, las mismas que se cumplieron para hacer efectivo el objetivo general de este informe de tesis.

### 3.2.1.1. PRIMERA ETAPA

En la primera fase se obtuvo la información acerca de las necesidades hídricas del cultivo de cacao sembrado en 0.84 hectáreas. Según la última evaluación del sistema de riego del Jardín Clonal (Zambrano, et al 2012), el tiempo que necesita regarse la planta es de 21 minutos y el intervalo del mismo es de 24 horas, considerando para ello las horas de la mañana por condiciones climáticas, es decir, que la hora fija en que se riega la planta es siete de la mañana.

Las características del sistema de riego instalado anteriormente son:

- Su funcionamiento es totalmente manual.
- Está distribuido en dos secciones (Figura 3.1).
- Posee 2 válvulas para iniciar el riego (Figura 3.2).
- Para iniciar el riego se abren dos válvulas, cada una de ellas distribuyen el agua para su sección.
- Para finalizar el riego se deben cerrar las válvulas.

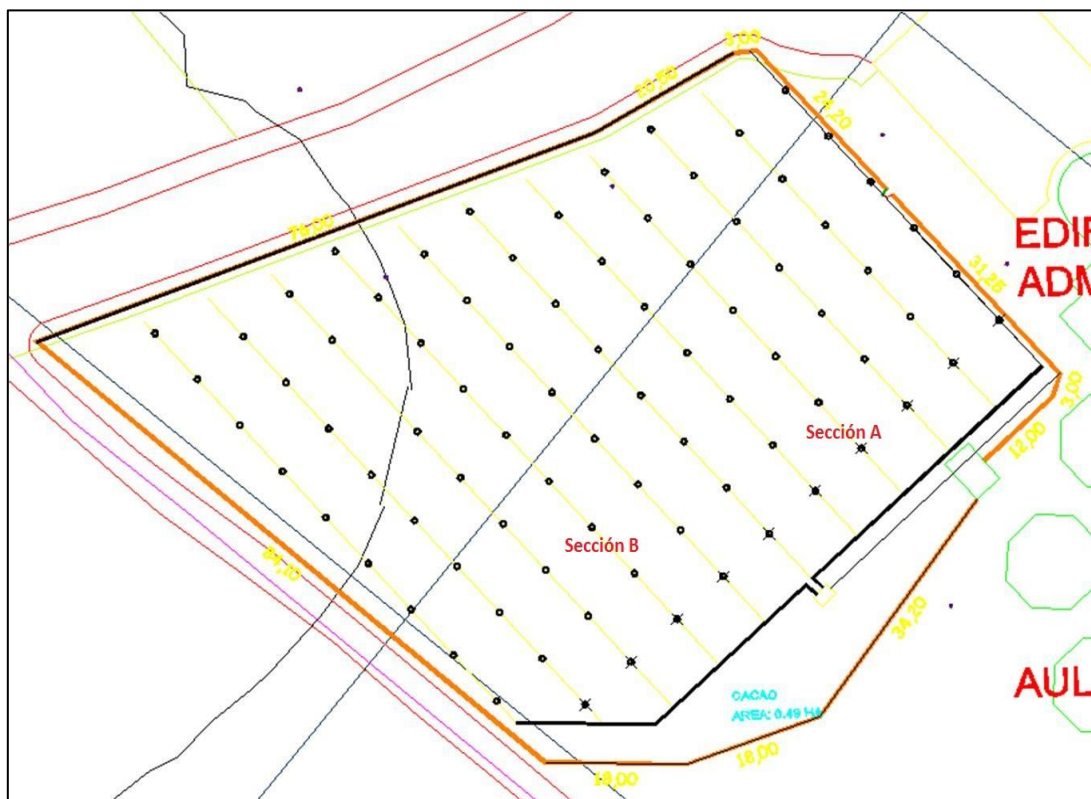


Figura 3. 1 Distribución del Sistema de Riego

Fuente: (Palma, et al, 2012)



Figura 3. 2 Estación de válvulas del sistema de riego.

Fuente: (Palma, et al, 2012)

Posterior a esto se definió el circuito principal encargado de enviar la orden para que el sistema de riego por aspersion empiece su funcionamiento cada 24 horas a las siete de la mañana, y en base a esto se establecieron los materiales necesarios para automatizar el proceso de riego que a continuación se detallan:

- Microcontrolador PIC18F4550
- Sensor de temperatura y humedad relativa DTH11
- Cristal de cuarzo 20 MHZ
- Cristal de cuarzo 32,7680 KHZ
- CI DS1307
- Papel transfer blanco
- Usb hembra A
- Usb B
- Diodos leds transparentes
- Resistencias (330 OHM, 4,7K y 10 K)

- Baquelitas tamaño A4 dos caras
- Porta batería de reloj para PCB
- Zócalos 40 Pines
- Zócalos 8 Pines
- Diodos 1N4007

### **3.2.1.2. SEGUNDA FASE**

El diseño del circuito para el sistema de riego, se realizó en DipTrace, el mismo que permitió diseñar el esquema del circuito electrónico de manera fácil y rápida, debido a que su entorno gráfico es fácil de manipular, ofreciendo una gama de herramientas para crear las hojas del circuito.

La funcionalidad del circuito empieza mientras el dispositivo se detecta como encendido, si lo está, va a verificar la fecha y hora de riego en memoria para accionar los actuadores y de esta manera empieza el riego; una vez transcurridos los 21 minutos que se establecieron para el cultivo de acuerdo al diseño agronómico (Zambrano et al., 2012), a su vez se apagará el actuador y empieza nuevamente a detectar el circuito para continuar con la misma secuencia.

La estructura física del circuito básicamente consta de conectar los componentes electrónicos descritos en la primera fase de acuerdo a la funcionalidad de los pines del microcontrolador PIC18F4550, la misma que fue diseñada y simulada en el programa Proteus para comprobar si el diseño cumplió con la síntesis de esta fase.

### **3.2.1.3. TERCERA FASE**

Una vez que se estableció el circuito con todos los componentes electrónicos se comenzó a programar al microcontrolador PIC18F4550 en el lenguaje PIC CCS Compiler, para lo cual se utilizó la programación estructurada basada en modularidad, misma que divide el programa en módulos y cada uno de estos realiza una tarea específica como: el del reloj que muestra la fecha y hora actual, la cual se utilizó para la función calcfecha que determina el intervalo y la duración del próximo riego con opción a modificar únicamente ésta última; así



mismo la memoria almacena el valor de la función antes mencionada; una vez inicializado el USB y enumerado el puerto serial por el host, el computador recibe los datos del riego almacenado previamente en memoria y los muestra en la interfaz que interactúa con los valores obtenidos del microcontrolador proporcionando al usuario la información del dispositivo y la configuración del mismo (Figura 3.3.).

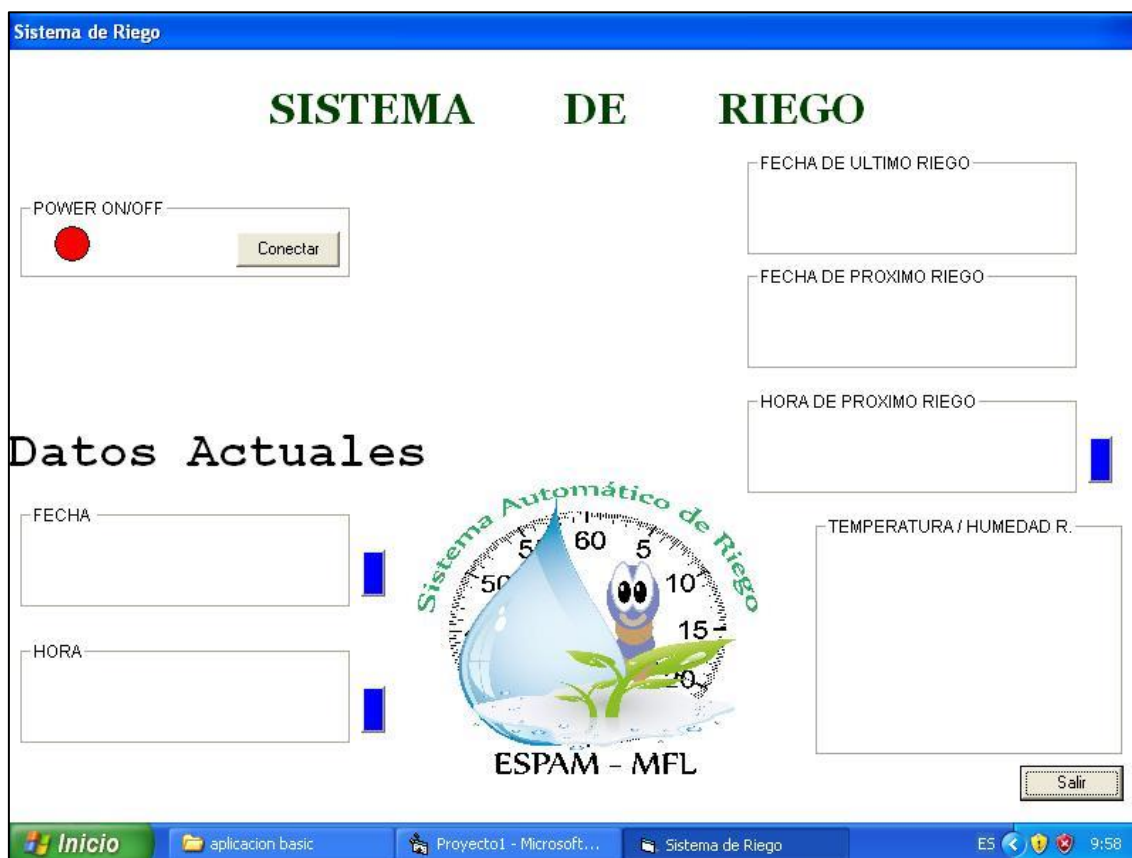


Figura 3. 3 Interfaz de usuario

Fuente: (Palma, et al, 2013)

El esquema de la programación principal inicializa el dispositivo, verifica que la fecha coincida con la del próximo riego y si la humedad relativa dada por el sensor DTH11 no supera el 90% las válvulas se accionan y empieza el riego de acuerdo al valor de la función calcfecha, esto sucede mientras se cumplan las dos condiciones.

### 3.2.1.4. CUARTA FASE

Para validar lo establecido en la fase anterior se utilizó el PROTEUS que constato a través de la simulación del dispositivo el funcionamiento lógico indicado al finalizar la programación de cada módulo, como lo muestra la Figura 3.4.

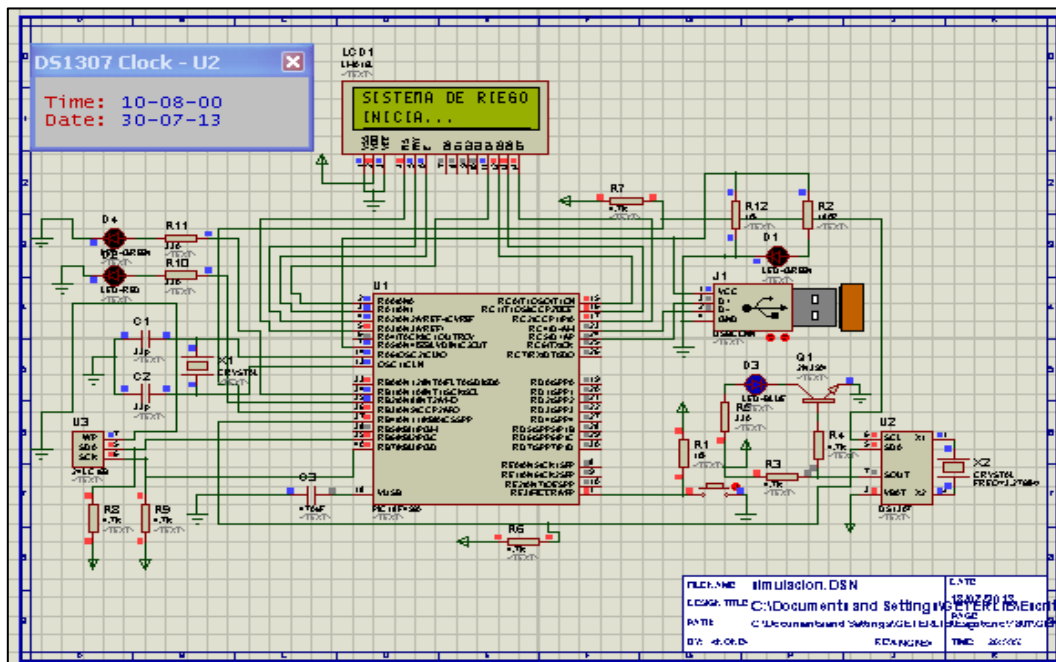


Figura 3. 4 Pantalla del circuito simulado en PROTEUS

Fuente: (Palma, et al, 2013)

Las pruebas físicas se hicieron al encender el dispositivo, el mismo que mostró en el LCD la inicialización y los datos del próximo riego, fecha y hora actual y los datos del último riego. La comprobación de la automatización del sistema de riego se hizo en el campus ESPAM MFL, después de instalar las electroválvulas en la estación de las llaves del mismo (Figura 3.5), con el Ing. Elvis Castro encargado del cultivo de cacao, el mismo que hizo legal la prueba con el oficio que se muestra en el anexo 1.



Figura 3. 5 Instalación de electroválvulas en la estación de llaves del sistema de riego.

Fuente: (Palma, et al, 2013)

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para lograr automatizar el riego por aspersión en el cultivo de cacao en el área de agrícola de la ESPAM MFL y mejorar la aplicación de los recursos hídricos de forma equitativa al sembrío, se utilizaron los métodos científicos inductivo y deductivo, los que permitieron realizar el diagnóstico del sistema de riego, siendo esta actividad ejecutada de forma manual y se dedujo a partir de ello la sistematización lo hizo más eficiente y confiable.

La aplicación del método incremental permitió en primera instancia que los elementos fundamentales para la automatización de sistema de riego fueron: microcontrolador PIC18F4550, cristal de cuarzo 20 MHZ, cristal de cuarzo 32,7680 KHZ, CI DS1307, papel transfer blanco, Usb hembra A, Usb B, diodos leds transparentes, resistencias (330 OHM, 4,7K y 10 K), baquelitas tamaño A4 dos caras, porta batería de reloj para PCB, zócalos 40 Pines, zócalos 8 Pines, diodos 1N4007 (Figura 4.1), así como también las necesidades hídricas y las características del sistema, en base a esto se diseñó el circuito principal en Diptrace, y de acuerdo a esto se implementaron los dispositivos conformando el circuito principal. Una vez establecida la placa se procedió a programar al microcontrolador en PICC CCS Compiler, la interfaz en Visual Basic 6.0 que permitió acceder al sistema.

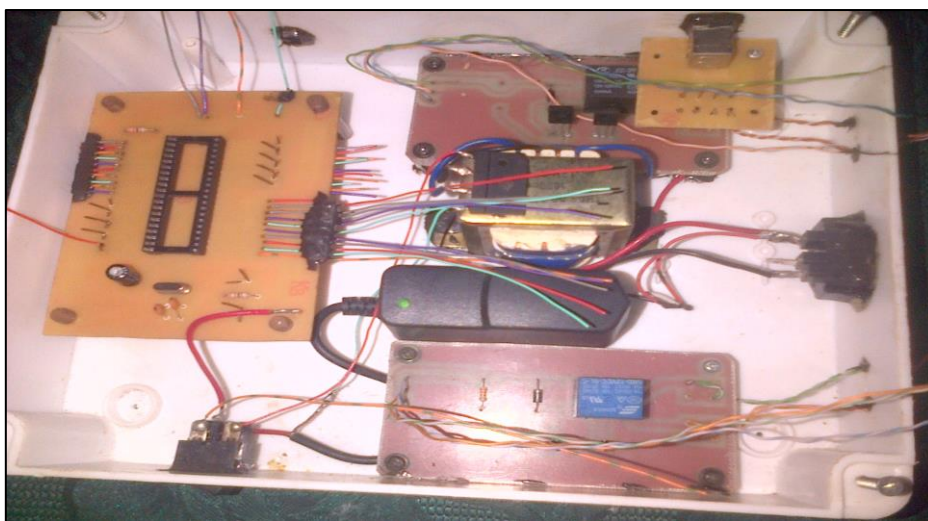


Figura 4. 1 Componentes para la automatización del sistema

Fuente: (Palma, et al, 2013)

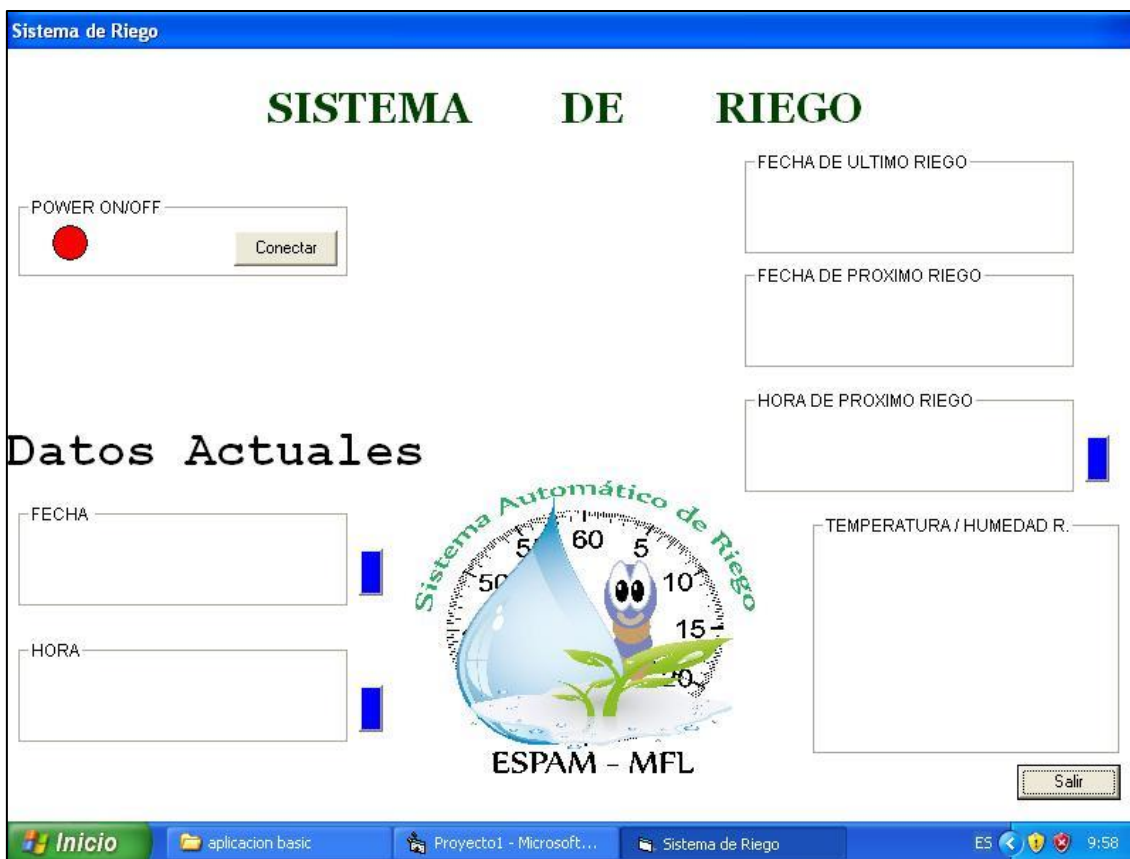


Figura 4. 2 Interfaz principal de usuario

Fuente: (Palma, et al, 2013)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Intervalo de riego	24 Horas
Duración de riego	30 Minutos

Tabla 4. 1 Necesidades Hídricas del Cultivo

Fuente: (Castro, E. 2013)

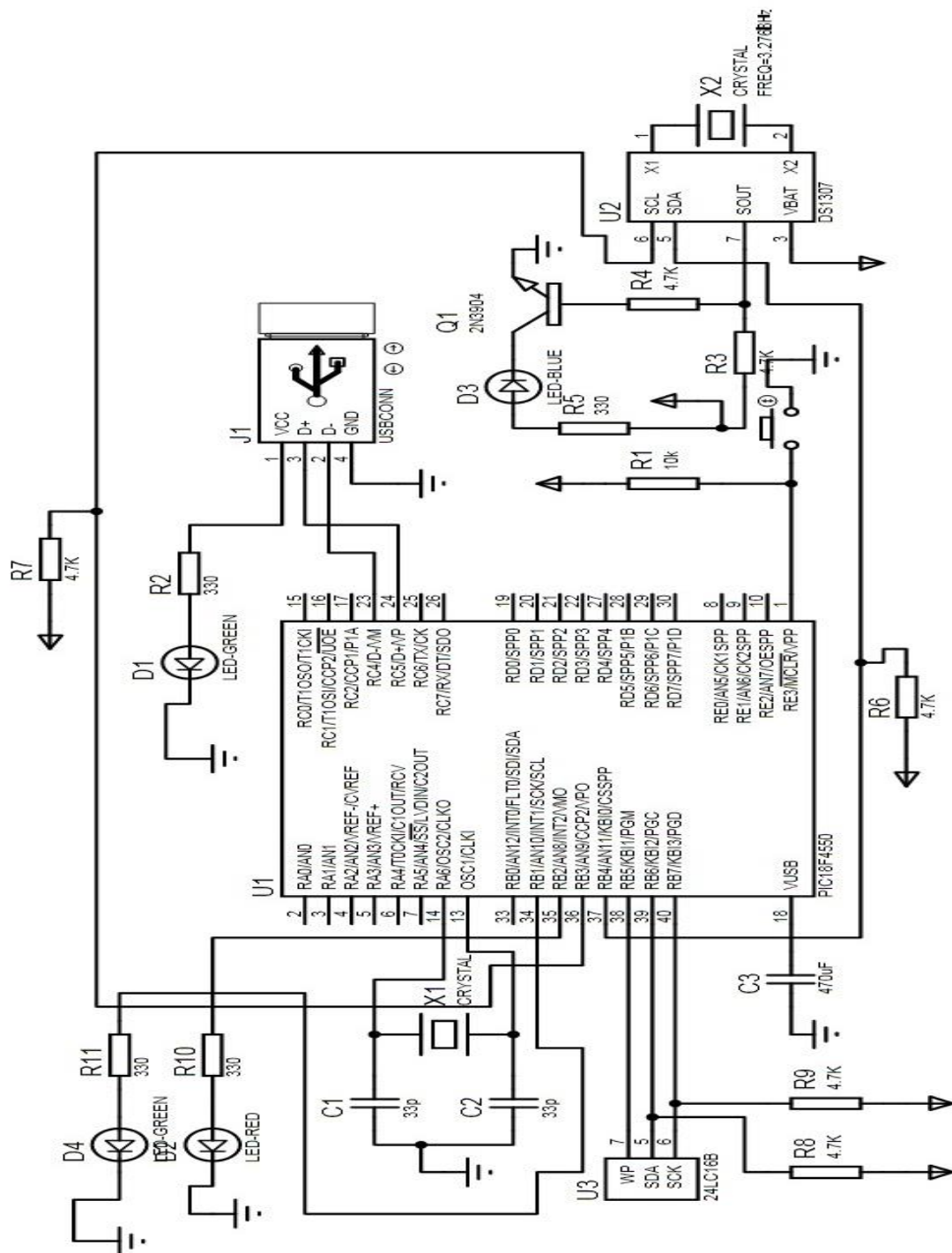


Figura 4. 3 Esquema del Circuito para el sistema de riego

Fuente: (Palma, et al, 2012)

La tesis titulada diseño, automatización y supervisión de un sistema de riego localizado de alta frecuencia, protección contra heladas y dosificación de fertilizantes para la inyección de la cultura de frutilla, de la

Escuela Politécnica del Ejército posee un sistema similar al del presente documento, con la diferencia de que no programa el intervalo de riego por lo que necesita de un usuario que a través de la interfaz realice el riego, mientras que en la Sistematización del riego por aspersion para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en el área de Agrícola de la ESPAM MFL, está determinado el intervalo y la duración que disminuye el tiempo del personal en la tareas de irrigación.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- La determinación de los componentes electrónicos para la automatización del sistema de riego se debe realizarse desde el inicio del proyecto porque es de vital importancia para no causar retrasos en el cronograma.
- El diseño del circuito proporciona la facilidad para ensamblar e instalar los componentes electrónicos en la placa.
- La implementación de cada una de las placas con sus respectivos componentes para la automatización del sistema de riego permite verificar por completo el funcionamiento del circuito.
- La programación de los dispositivos principales del circuito permite establecer las condiciones necesarias para la automatización del sistema de riego.
- Las pruebas realizadas al circuito principal son necesarias para validar el funcionamiento del sistema automatizado de riego.

### **Se recomienda:**

- Determinar los elementos fundamentales para automatizar procesos al inicio del proyecto para no causar retrasos en el cronograma.
- Realizar el diseño apropiado de circuitos para poder instalar los componentes electrónicos de manera adecuada.
- Verificar el funcionamiento lógico de un proceso automatizado, durante la fase de implementación de dispositivos para evitar errores.
- Realizar las pruebas necesarias para comprobar el funcionamiento de un proceso automatizado



## CAPÍTULO V. PRESUPUESTO Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Actividad	Detalle	Cantidad	Valor unitario	Valor total	Fuente de financiamiento
Obtener la lista de componentes necesarios para la implementación de la automatización	Sensor de temperatura y humedad relativa DTH11	1	8,00	8,00	Autoras
	Microcontrolador PIC18F4550	1	28,50	28,50	
	Electro Válvulas Roscada 12 Vdc ½	2	25,00	50,00	
	Cristal de cuarzo 20 Mhz	3	1,20	3,60	
	Cristal de cuarzo 32,7680 Khz	3	1,50	4,50	
	Reloj CI DS1307	1	6,25	6,25	
	Papel Transfer Blanco	5	2,00	10,00	
	USB Hembra A	2	1,00	2,00	
	USB Hembra B	2	1,00	2,00	
	Diodos LEDS transparentes	10	0,45	4,50	
	Resistencias (330 OHM, 10 K)	20	0,25	5,00	

Baquelitas tamaño A4 dos caras	1	12,50	12,50
Porta batería de reloj para PCB	1	2,50	2,50
Zócalos 40 pines	3	0,70	2,10
Zócalos 8 pines	3	0,50	1,50
Diodos 1N4007	5	0,35	1,75
Condensadores cerámicos 33 PF	5	0,40	2,00
Papel adhesivo	2	0,50	1,00
Cautín	1	3,50	3,50
Estaño	2 MT.	0,75	1,50
Pasta de soldadura	1	2,50	2,50
Neplo de 1x2	6	0,50	3,00
Nudo de 1 pulgada	2	4,30	8,60

Adaptadores de 1x2	4	0,90	3,60
Busing de 1 a ½	4	1,12	4,46
Cable 2x14	12 mt	1,00	12,00

	Cable gemelo 2x12	20	1,25	25	
	Codos de 50	4	2,05	8,21	
	Teflón de amarillo	5	1,34	6,70	
	Caja tigre	2	12,50	25,00	
	Cierra	1	1,25	1,25	
	Costo de envió	1	5,00	5,00	
Realizar la programación del sistema de acuerdo al cultivo de cacao	Computadora	1	700.00	700.00	Autoras
	Software	1	300.00	300.00	
	Pen Drive	1	15.00	15.00	
Impresión de Tesis y empastado de la misma	Papel	2 r	4.50	9.00	Autoras
	Tinta	2	30.00	60.00	Autoras
Asesoría Externa	Ing. Luis Santana	1	300	300	Autoras
Ayudantes	Edison Palma	1	10	10	Autoras
			Total	1648,42	Autoras

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcalde P.; 2009; Electrónica. España, Esp. Ediciones Paraninfo S.A. Vol 1 p 246.
- Alonso, D. s.f. El riego por aspersión. (En línea). Consultado, 5 de junio. 2012. Formato PDF. Disponible en <http://legado.inea.org/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/EI%20riego%20por%20aspersi%C3%B3n.pdf>.
- Álvarez, C.; Soto, A.; Watkins, F.; 2009. Simulación de Controladores Digitales. Chile, CHL. Revista Chilena de Ingeniería, vol. 17 N° 3, 2009, pp. 309-316.
- Álvarez, R.; García, K.; Peña, M.; Roble, D.; Vargas, R. 2010. Sistema de riego con emisores porosos para la producción de tomate con ahorro de agua y energía: propuesta de diseño. Cuba, CUB. Ingeniería hidráulica y ambiental, vol. XXXI, N°. 1, p 34 - 42.
- Basso, C.; Díaz, J.; Torres, S.; Villafañe, R. 2008. Evaluación de la uniformidad del riego y efecto del fertirriego nitrogenado en un huerto de lechosa (Carica papaya L.). Venezuela, VEN. BIOAGRO. Vol. 20. P 105 - 110.
- Bello, A.; Díaz, L.; Gruber, L.; Lugo, J. Evaluación de dos formas de aplicación del riego sobre el crecimiento y producción de la berenjena. Venezuela, VEN. BIOAGRO. Vol. 20 N° 2. P 131 – 134.
- Bermudez, C.; Garrido, E.; Lara, N. s.f. Modelo Incremental. (En línea). Consultado, 6 de jun. 2012. Disponible en: <http://procesosoftware.wikispaces.com/Modelo+Incremental>
- Castro, M.; Águila F.; Quevedo A.; Kleisinger S.; Tijerina L.; Mejía E. Sistema de Riego Automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. Texcoco, MX. Agricultura Técnica en Mexico. Vol. 34 p 459 – 470.

- Ch, N.; O, A.S; O, A.J. 2010. Cocoa Bean (*Theobroma cacao* L.) Drying Kinetics. Chile, CH. Chilean Journal of Agricultural Research. Vol. 70-N° 4 p 633 - 638
- Cun, R.; Puig, O.; Morales, C. 2009. Comportamiento del coeficiente de uniformidad del riego por microaspersión en condiciones de organopónicos y huerto intensivo. La Habana, CU. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 18 núm. 3 p 35 – 59.
- ESPAM MFL (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López). 2012 Reglamento de Tesis. 2 ed. Calceta – Manabí, EC. p 9
- FAO 2010. Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. (En línea). Consultado, 19 de ago. 2012. Formato HTML. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s0w.htm>
- Gómez, A; Azócar, A. 2002. Áreas Potenciales para el desarrollo del cultivo de cacao en el estado de Mérida. Maracay, VZ. Vol. 52 núm 4.
- Gómez, J.; Lasluisa, J. 2007. Diseño e implementación de una estación meteorológica automática. EC. Consultado, 3 de abr. 2013. Formato PDF. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4029/1/T-ESPEL-0404.pdf>
- Gutierrez, M.; Gómez R.; Rodríguez, N. 2011. Comportamiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L), en vivero, sembradas en diferentes volúmenes de sustrato. Revista Corpoica. Vol. 12 núm 1. p 33-42.
- Henao, C.; Duque, E. 2009. Programando microcontroladores PIC en lenguaje C. Pereira, CO. Vol. 4, núm. 43, p 37-42.
- Hidalgo, L. Hidalgo J. 2000 Ingeniería y Mecanización Vitícola. 1ed. Madrid Ediciones Mundi-Prensa. p 365
- Holzapfel, E.; Pannunzio, A.; Lorite, I.; Silva de Oliveira, A.; Farkas, I. 2009. Design and Management of Irrigation Systems. Chile, CHL. Revista Chilena de Investigación Agrícola. Vol. 69 núm. 1 p 17-19.

- Holzapfel, E.; Pannunzio, A.; Lorite, I.; Silva, A.; Farkas I. 2009. Design and Management of Irrigation System. CH. Chilean Journal of Agricultural Research. Vol 1. p 17-25.
- ICCO (Organización Internacional del Cacao) 2011. Orígenes del cacao y su propagación alrededor del mundo. Consultado el 19 de ago. 2012. Formato HTML. Disponible en: <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.html>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) 2011. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Leiton, J. Riego y Drenaje. 1985. 1 ed San José EUNED p 120
- Manual Original Del Pic Basic Compiler Pro. Compilador PicBasic Pro. P 2
- Mendoza, J.; Gruber, L.; Torrealba, C.; Lugo, J. 2010. Diseño, construcción y evaluación de un equipo automatizado para riego por microaspersión. Barquisimeto, VZ. Vol. 22, núm. 3
- Mendoza, R.; 2010. Sistemas de riego y ritualidad andina en el valle del Colca/ Irrigation Systems and Andean Ritualism in the Colca Valley. ES. Revista Española de Antropología Americana. 40.1. p 197- 217.
- Montoya, W. 2012 Cacao Ecuatoriano: Un cultivo noble. Guayaquil, EC. Revista ElAgro.
- Montserrat, J. 2005. Sistemas de riego para uso en viveros. (En línea). Esp. Consultado, 5 de jun. 2012. Formato PDF. Disponible en <http://www.horticom.com/pd/imagenes/69/066/69066.pdf>
- Novarm, Lta. 2002. DipTrace Professional PCB-Design Tool. (En línea). Consultado, 28 de nov. 2012. Formato HTML. Disponible en <http://www.diptrace.com>
- Pascual, E. 2010 Tipos de Riego. El blog VERDE. En línea. Consultado el 21 de ago. 2012. Formato HTML. Disponible en: <http://elblogverde.com/tipos-riego/>

- Polón, R. 2006 Manejo del agua en un Sistema de Riego Ingeniero sin cascada y su efecto en la conductividad eléctrica del suelo y el rendimiento en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) La Habana, CU. Revista Cultivos Tropicales. Vol. 27 núm. 4 p 81-83.
- PRO ECUADOR (Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones) 2011. Análisis Sectorial de Cacao y elaborados. EC. Consultado, 19 de ago. 2012. Formato PDF. Disponible en: <http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2011/11/PROEC-AS2011-CACAO.pdf>
- Quiñones, H. s.f. Necesidades hídricas del cultivo. (En línea). Consultado, 4 de jun. 2012. Formato PDF. Disponible en [http://calificaciones.weebly.com/uploads/1/0/6/5/10652/unidad\\_iii.pdf](http://calificaciones.weebly.com/uploads/1/0/6/5/10652/unidad_iii.pdf)
- Ramírez, 2008. Memoria sobre el beneficio y cultivo del cacao. Chapingo, MX. Revista Geográfica Agrícola. Núm. 40 p 109 – 112.
- Solórzano, A. 2012. Diseño e implementación de un sistema de riego por aspersión, en cacao (*Theobroma cacao* L) en el campus de la ESPAM MFL. Tesis Ing. Agrícola. ESPAM MFL. Calceta-Manabí, EC. p 1.
- Villela, R.; Reyes C.; Sandoval, R. 2007. Automatización de un sistema de riego. Zacatecas, MX. Vol 3 núm 1
- Zambrano, J.; Zambrano, S. 2012. Evaluación del sistema de riego por microaspersión en el jardín clonal de cacao (*Theobroma cacao* L) en el campus de la ESPAM MFL. Tesis Ing. Agrícola. ESPAM MFL. Calceta-Manabí, EC. p 44, p45.
- \_\_\_\_\_. S.F. Datasheet. (En línea). Consultado, 31 de octubre. 2012. Formato PDF. Disponible en [http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/16/169021\\_1.pdf](http://www.datasheetcatalog.org/datasheets2/16/169021_1.pdf)
- \_\_\_\_\_. 2012. Características de la versión avanzada de ProSPICE. (En línea). Consultado, 6 de jun. 2012. Formato PDF. Disponible en: <http://proteus.hubor.es/proteus-pcb/prospice/63-caracter%C3%ADsticas-de-la-versi%C3%B3n-avanzada-de-prospice.html>

# **ANEXOS**



## ANEXO 1

### CERTIFICACIÓN

Quien suscribe la presente Ingeniero Elvis Castro, encargado del riego del cultivo de cacao de ESPAM MFL.

#### CERTIFICA:

Que las estudiantes **Palma Alcívar Gema Teresa y Palma Mora Yenifer Dayana**, entregaron el dispositivo de la automatización del sistema de riego, el mismo que ha sido instalado y validado de acuerdo a la necesidades hídricas del cultivo.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad y las interesadas pueden hacer uso del presente documento para los fines convenientes.

Calceta, julio 26 de 2013.



Ing. Elvis Castro  
ENCARGADO DE RIEGO

**Oficio emitido por el Ing. Elvis Castro encargado del cultivo de cacao**

**ANEXO 2**

Perforación de la placa principal del sistema de riego automatizado.

**ANEXO 3**

**Instalación de los componentes del circuito principal.**

**ANEXO 4**

**Dispositivo del sistema de riego instalado en el área del cultivo.**

## ANEXO 5



## ESPAM MFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
"MANUEL FÉLIX LÓPEZ"  
Ley 99 - 25 R.O. 181 - 30 - 04 - 1999  
CALCETA - ECUADOR

ESTACIÓN  
METEOROLÓGICA  
ESPAM-MFL

DATOS ANUALES 2012								
MESES	HR %	T. MÁXIMA °C	T. MÍNIMA °C	T. AMBIENTE °C	EVAPORACIÓN mm	PRECIPITACIÓN mm	RECORRIDO VIENTO km	HORAS SOL h/L
ene-12	89	29,4	22,4	25	71,5	322,7	426,5	40,6
feb-12	89	30,7	22,7	26	80,5	474	500,9	97,1
mar-12	82	31,5	23,5	27	122,4	382,9	519,9	139,4
abr-12	84	32	23,2	27,1	133,7	152,2	469,2	143,2
may-12	85	31,5	23,2	26,8	104,3	167,4	396,6	129,9
jun-12	86	30,3	22,4	25,9	109	83,9	427,8	93,2
jul-12	86	28,8	20,7	24,6	103,1	6,5	448,7	73,6
ago-12	81	25,5	20,8	24,2	130,5	0	608,5	81,2
sep-12	77	30	20,9	24,7	138,7	0	632,7	106,2
oct-12	78	29,9	21,2	24,8	136	0,9	585,2	86,4
nov-12	77	30,2	21,3	23,8	139	5,2	799	96,7
dic-12	76	31,2	21,9	26	144,9	36,1	757,7	97,1
<b>PROMEDIOS</b>	<b>81,9%</b>	<b>28,4°C</b>	<b>22,0°C</b>	<b>25°C</b>				
<b>TOTAL</b>					<b>1207,7 mm</b>	<b>1628,9 mm</b>	<b>567,2 km</b>	<b>1182,8 h/L</b>

  
ING. JUAN MOREIRA SALTOS  
TÉCNICO RESPONSABLE

OFICINAS CENTRALES:  
10 de agosto No. 82 y Grande Cesterio  
Telef: 593 05 685156 Telefax: 593 05 685134

[www.espam.edu.ec](http://www.espam.edu.ec)  
[rectorado@espam.edu.ec](mailto:rectorado@espam.edu.ec)

CAMPUS POLITÉCNICO CALCETA  
Sitio El Limón  
Telefax: 593 05 685048 - 685035

**Datos anuales 2012 Estación Meteorológica ESPAM - MFL.**

## ANEXO 6



ESTACION  
METEOROLOGICA  
ESPAM-MFL

## ESPAM MFL

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABI  
"MANUEL FÉLIX LÓPEZ"  
Ley 99 - 25 R.O. 181 - 30 - 04 - 1999  
CALCETA - ECUADOR

### DATOS ANUALES 2013

MESES	HI %	T. MÁXIMA °C	T. MÍNIMA °C	T. AMBIENTE °C	EVAPORACION mm	PRECIPITACION mm	RECORRIDO VIENTO (K/H)	HORAS SOL (h)
ene-13	84	29,4	23,0	25,4	53	267,6	478,0	31,6
feb-13	85	30,9	22,6	25,8	95,1	163,8	475,4	76,2
mar-13	83	31	23,5	26,2	89,1	572,1	586	325,9
abr-13	85	30,9	22,8	25,9	306,5	111,4	496,4	304,8
may-13	87	29,3	21,8	25,0	88,3	28	528,1	80
jun-13	84	28,9	21,5	25,0	305,5	3,3	638,2	57,8
jul-13								
ago-13								
sep-13								
oct-13								
nov-13								
dic-13								
PROMEDIOS	84,7 %	30,3°C	22,5°C	26°C				
TOTAL					535,3 mm	894,2 mm	3283,7 h/v	432,3 h/v

  
ING. JUAN MOREIRA SALTOS  
TECNICO RESPONSABLE

OFICINAS CENTRALES:  
10 de agosto No. 82 y Granda Centeno  
Telf: 593 05 685156 Telefax: 593 05 685134


[www.espam.edu.ec](http://www.espam.edu.ec)  
[rectorado@espam.edu.ec](mailto:rectorado@espam.edu.ec)


CAMPUS POLITÉCNICO CALCETA  
Sitio El Limón  
Telefax: 593 05 685048 - 685035

**Datos anuales 2013 Estación Meteorológica ESPAM - MFL.**

## ANEXO 7

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**





REPÚBLICA DEL ECUADOR CENTRO DE IDIOMAS

Calceta, 15 de agosto de 2013

**OFICIO 177-13**

Magister Luis Cedeño

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INFORMÁTICA**

De mi consideración:

Certifico la revisión del Abstract de la tesis previo a la sustentación cuyo tema es **SISTEMATIZACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN PARA EL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao* L) EN EL ÁREA DE AGRÍCOLA DE LA ESPAM MFL**, tema que ha sido propuesto, desarrollado y planteado por las estudiantes **GEMA TERESA PALMA ALCÍVAR** y **YENIFER DAYANA PALMA MORA**

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,




**Luis Alberto Ortega Arca**  
**COORDINADOR DEL CENTRO DE IDIOMAS**

Dirección: Av.10 de AGOSTO N° 82 y GRANDA CENTENO. Telefaxes 593-052 685 134/156/035/048  
CALCETA - ECUADOR

WWW.ESPAM.EDU.EC

**Certificado del Centro de Idiomas de la ESPAM MFL**