



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS

Proyecto de investigación y desarrollo en opción al Grado Académico de
Magister en Gestión de Energías

TEMA:

**DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE
RIEGO EN LA MICROEMPRESA ROCÍO, UBICADO EN EL CANTÓN
AMBATO, EN EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO
AUTOMATIZADO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE.**

Trabajo de Tesis de grado presentado como requisito para optar por el título de Magister en
GESTIÓN DE ENERGÍAS

Autor:

SUÁREZ Vinueza, Rommel Eusebio

Tutor:

Ing. Msc. PhD Gonzalez Palau Iliana

LATACUNGA – ECUADOR

Diciembre - 2015

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN REVISORA

En calidad de miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por cuanto, el maestrante: Suárez Vinueza Rommel Eusebio, con el título de tesis: **“Diagnóstico del consumo de energía en el sistema de riego en la Microempresa Rocío, ubicado en el cantón Ambato, en el año 2015. Diseño de un sistema de riego automatizado energéticamente eficiente”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga diciembre – 2015

.....
MSc. Ángel León

PRESIDENTE

.....
PhD. Enrique Torres

MIEMBRO

.....
PhD. Gustavo Rodríguez

MIEMBRO

.....
PhD. Secundino Marrero

OPOSITOR

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En mi calidad de Tutor del Programa de Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Consejo de Posgrado.

CERTIFICO:

Que: analizado el Protocolo de Trabajo de Titulación, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magister en Gestión de Energías.

El problema de investigación se refiere a:

“DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE RIEGO EN LA MICROEMPRESA ROCÍO, UBICADO EN EL CANTÓN AMBATO, EN EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE.”

Presentado por **Suárez Vinueza Rommel Eusebio** con cedula de ciudadanía N^o. **180416535-3**.

Sugiero su aprobación y permita continuar con la ejecución del proyecto de investigación y desarrollo.

Latacunga, diciembre 2015

Ing. Msc. PhD. Gonzalez Palau Iliana
Tutor

AUTORÍA

Dejo constancia que el presente proyecto de investigación, es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor con el tema, **“DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SISTEMA DE RIEGO EN LA MICROEMPRESA ROCÍO, UBICADO EN EL CANTÓN AMBATO, EN EL AÑO 2015. DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO ENERGÉTICAMENTE EFICIENTE.”** previo a la obtención del título **Magister en Gestión de Energías**, es original auténtico y personal, a excepción de las citas.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Atentamente

.....
Suárez Vinueza Rommel Eusebio
CI: 180416535-3

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme guiado por el camino de la perseverancia y conocimiento, a mi Tutor que con paciencia y sabiduría supo brindarme apoyo, a toda mi familia por siempre brindarme la fuerza y respaldo incondicional para alcanzar las metas y objetivos que se han dado en cada etapa de mi vida.

Suárez Rommel

DEDICATORIA

La realización de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi formación tanto académica como espiritual, puesto que sin su apoyo incondicional no hubiese podido conseguir las metas que me he propuesto y claro llegar a culminar con éxito este nuevo sueño.

Suárez Rommel

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

PROGRAMA: “MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS”

“Diagnóstico del consumo de energía en el sistema de riego en la Microempresa Rocío, ubicado en el cantón Ambato, en el año 2015. Diseño de un sistema de riego automatizado energéticamente eficiente.”

Autor: Suárez Vinueza Rommel Eusebio

Fecha: Diciembre del 2015

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

Tema: “Diagnóstico del consumo de energía en el sistema de riego en la Microempresa Rocío, ubicado en el cantón Ambato, en el año 2015. Diseño de un sistema de riego automatizado energéticamente eficiente.”

RESUMEN EJECUTIVO

En éste proyecto de tesis se aplican varias técnicas estudiadas a lo largo de la vida estudiantil; las cuales son innovadoras y de gran ayuda para las personas que se dedican a la agricultura. Con la aplicación de las técnicas y equipos necesarios se desea implementar un prototipo de un sistema automatizado de riego, la cual se realizará con el objetivo de evitar el desperdicio del recurso hídrico como es el agua, además el exceso de consumo de energía y con ello ampliar la superficies de producción bajo riego, generar nuevas opciones de producción, para contribuir a la soberanía de la población ubicada en la zona centro del País.

El enfoque del estudio empleado es gran ayuda para el cuidado de las plantas, evitando que los cultivos contraigan las diferentes plagas, enfermedades, insectos, maleza etc. Los controles sanitarios exigen tecnologías eficientes que permitan al productor ser competitivo y contribuir a preservar los recursos que sustentan el proceso agrícola.

En el trabajo se emplea la automatización para realizar el monitoreo del sistema a través de una tarjeta Arduino para la adquisición de señales (temperatura, humedad), como controlador un logo de la marca Siemens, ciertos elementos de potencia para el funcionamiento adecuado de los actuadores (bomba, electroválvulas), para realizar las mediciones de las variables de entrada y salida. El software utilizado para la programación es libre por el cual no es necesario el uso de licencias.

El resultado con el uso de las técnicas de automatización y control, se obtiene un consumo de 3.200 l de agua / mes y de 38.000 l de agua / anual, para un área de 250 metros cuadrados. El consumo de la energía que se utiliza en los sistemas de riego por un periodo de tiempo (1 hora) es de 3.587,82 Wh con una tasa de pago al mes de \$ 1,29 y \$ 15,5 anualmente.

Este trabajo garantiza las exigencias de mercado en cuanto a la calidad de sus productos, y las exigencias ambientales. Así se busca una sostenibilidad económica y ambiental de la producción agrícola.

DESCRIPTORES: Riego, agua, manejo, tecnología, automatización, eficiente, agrícola, proceso, ambiente, producción, sistema.

Tutor: Ing. Msc. PhD. Gonzalez Palau Iliana

CI: 175707065-9

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

Title: "Diagnosis of energy consumption in the irrigation system in Microenterprise Rocio, located in Canton Ambato, 2015. Design of a system of energy-efficient automated irrigation. "

ABSTRACT

In this work project studied various techniques throughout student life apply; which they are innovative and of great help for people engaged in agriculture. With an application of the techniques and equipment needed you want to implement an automated irrigation system which will be held in order to avoid waste of water resources such as water, and thus expand the areas of irrigated production, and thus generating new production options to contribute to the sovereignty of the population located in the center of the country.

The focus of the study will help to care for the plants, preventing crop contract different pests, diseases, insects, weeds etc. Require health inspections efficient technologies, enabling the producer to be competitive and help preserve the resources that sustain the agricultural process.

At work automation used for system monitoring through an Arduino board for signal acquisition (temperature, humidity), as one driver of the Siemens logo, certain elements of power for proper operation of the actuators (pump, valves), for measurement of input and output variables. The software used for programming is free by which is not necessary to use licenses.

The result with the use of automation and control techniques, consuming 3,200 liters of water / month and 38,000 liters of water / year, for an area of 250 square meters is obtained. The consumption of the energy used in irrigation systems for a period of time (1 hour) is 3587.82 Wh with a pay rate of \$ 1.29 per month and \$ 15.5 annually.

This work ensures market requirements in terms of product quality and environmental requirements. So it seeks an economic and environmental sustainability of agricultural production.

WORDS: Irrigation, water management, technology, automation, efficient, farm, process, environment, production system.

Tutor: Ing. Msc. PhD. Gonzalez Palau Iliana

CI: 175707065-9

INDICE GENERAL

PORTADA	
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN REVISORA	i
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS	ii
AUTORÍA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN EJECUTIVO	vii
ABSTRACT	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
INTRODUCCIÓN	xvi

CONTENIDO

Páginas

CAPÍTULO I

1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	- 1 -
1.1 Caracterización detallada del objeto	- 1 -
1.2 Marco teórico de la investigación.....	- 2 -
1.2.1 Argumentación acerca de la necesidad de la investigación.....	- 2 -
1.2.2 Antecedentes de estudio.....	- 4 -
1.3 Fundamentación de la investigación	- 5 -
1.4 Caracterización de los sistemas automatizados	- 6 -
1.4.1 Clases de automatización	- 6 -
1.4.2 Caracterización de los sistemas de control	- 7 -
1.5 Caracterización de los sistemas de riego.....	- 7 -
1.5.1 Tecnologías y tipos de riego	- 9 -
1.5.2 Tipos de agricultores	- 10 -
1.5.3 Sistemas de cultivo	- 11 -
1.5.4 Factores agronómicos	- 12 -

CAPÍTULO II

2 METODOLOGÍA	- 14 -
2.1 Diseño de la investigación	- 14 -

2.2	Modalidad de Investigación.....	- 14 -
2.2.1	Investigación de Campo	- 14 -
2.2.2	Investigación Bibliográfica – Documental	- 15 -
2.2.3	Experimental	- 15 -
2.2.4	Gabinete	- 15 -
2.3	Nivel o tipo de investigación.....	- 15 -
2.3.1	Exploratoria.	- 15 -
2.3.2	Descriptivo.....	- 16 -
2.3.3	Correlacional	- 16 -
2.3.4	Explicativo.....	- 16 -
2.4	Población y Muestra	- 16 -
2.5	Operacionalización de variables.....	- 18 -
2.5.1	Variable dependiente: Consumo de Energía.....	- 18 -
2.5.2	Variable independiente: Sistema de riego automatizado.....	- 19 -
2.6	Instrumentos de recolección de datos.....	- 20 -
2.6.1	Parámetros eléctricos.....	- 20 -
2.7	Procedimiento para las mediciones de las diferentes utilizadas en la investigación.....	- 22 -
2.7.1	Técnicas e instrumentos.....	- 22 -

CAPÍTULO III

3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN..... - 24 -

3.1	Parámetros iniciales.....	- 24 -
3.1.1	Análisis de la Encuesta realizada a los pequeños agricultores.....	- 24 -
3.1.2	Análisis de resultados de la entrevista Microempresa Rocío.....	- 29 -
3.2	Caracterización y medición del sistema de suministro eléctrico.....	- 31 -
3.2.1	Mediciones realizadas durante el periodo	- 31 -
3.2.2	Medición de las variables eléctricas con el analizador Tipo 3945.....	- 32 -

CAPÍTULO IV

4	PROPUESTA	- 41 -
4.1	Datos Informativos	- 41 -

4.1.1	Título de la propuesta:	- 41 -
4.1.2	Beneficiarios:	- 41 -
4.1.3	Equipo Técnico Responsable	- 41 -
4.2	Antecedentes de la Propuesta.....	- 41 -
4.3	Justificación de la Propuesta	- 43 -
4.4	Objetivos de la Propuesta.....	- 43 -
4.4.1	Objetivo General	- 44 -
4.4.2	Objetivos Específicos.....	- 44 -
4.5	Estructura de la propuesta	- 44 -
4.6	Desarrollo de la propuesta	- 44 -
CONCLUSIONES GENERALES		- 85 -
RECOMENDACIONES.....		- 85 -

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Usuarios mayoritarios del consumo de agua	- 3 -
Tabla 1-2:	Comparación sistema de riego.....	- 10 -
Tabla 2-1:	Operacionalización VD.....	-18
-		
Tabla 2-2:	Caracterización VI.....	- 19 -
Tabla 2-3:	Regulación N°. CONELEC - 004/01	- 21 -
Tabla 3-1:	Materiales del sistema de riego	- 30 -
Tabla 3-2:	Monitoreo del sistema, con un analizador tipo 3945	- 33 -
Tabla 3-3:	Resumen de parámetros medidos	- 38 -
Tabla 3-4:	Energía y costo	- 39 -
Tabla 3-5:	Consumo de agua.....	- 40 -
Tabla 4-1:	Bomba eléctrica de agua Paolo.....	- 45 -
Tabla 4-2:	Caudal de circulación	- 47 -
Tabla 4-3:	Número de cable a utilizar	- 48 -
Tabla 4-4:	AWG #15	- 49 -
Tabla 4-5:	Contactador Siemens Sirius.....	- 51 -
Tabla 4-6:	Relé térmico Siemens Sirius	- 51 -
Tabla 4-7:	Válvula NetafimAquaNetPlus	- 53 -
Tabla 4-8:	Modulo HL-69 Sensor de humedad de suelo	- 57 -
Tabla 4-9:	Termopar Tipo K.....	- 59 -
Tabla 4-10:	Casco Controlador de nivel, KF- 06	- 60 -
Tabla 4-11:	Módulo ARDUINO UNO.....	- 62 -
Tabla 4-12:	Costos indirectos.....	- 70 -
Tabla 4-13:	Costo mano de Obra	- 71 -
Tabla 4-14:	Costo de la energía.....	- 77 -
Tabla 4-15:	Consumo de Agua	- 78 -
Tabla 4-16:	Administración de la propuesta.....	- 84 -
Tabla 4-17:	Previsión de la información.....	- 84 -
Tabla 4-18:	Tolerancia THD	- 90 -

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ubicación Geográfica	- 2 -
Figura 1-2: Tipo de suelo y cantidad de agua.....	- 13 -
Figura 2-1: Ciudad Ambato	- 17 -
Figura 3-1: Resultado estadístico pregunta 1	- 24 -
Figura 3-2: Análisis estadístico pregunta 2	- 25 -
Figura 3-3: Análisis estadístico de la pregunta 3.....	- 26 -
Figura 3-4: Análisis estático pregunta 4.....	- 26 -
Figura 3-5: Análisis estadístico pregunta 5	- 27 -
Figura 3-6: Análisis estadístico pregunta 6	- 28 -
Figura 3-7: Análisis estadístico de la pregunta 7.....	- 28 -
Figura 3-8: Medidas del Reservoirio	- 30 -
Figura 3-9: Circuito básico para la activación de la bomba.....	- 32 -
Figura 3-10: Analizador de carga.....	- 33 -
Figura 3-11: Frecuencia vs Tiempo	- 34 -
Figura 3-12: Voltaje L1	- 34 -
Figura 3-13: Total V1 THD %.....	- 35 -
Figura 3-14: Corriente L1.....	- 35 -
Figura 3-15: Corriente armónica	- 36 -
Figura 3-16: Potencia activa.....	- 36 -
Figura 3-17: Consumo de energía	- 37 -
Figura 3-18: Factor de potencia	- 37 -
Figura 4-4-1: Suelo sobresaturado de agua	- 42 -
Figura 4-2: Esquema circuito de potencia.....	- 49 -
Figura 4-3: Circuito de Potencia	- 50 -
Figura 4-4: Tensiómetro Watermark analógico	- 55 -
Figura 4-5: Profundidad para sensor de humedad	- 56 -
Figura 4-6: Representación de la humedad.....	- 56 -
Figura 4-7: Comportamiento de la temperatura según el INAMHI	- 58 -
Figura 4-8: Precipitaciones según INAMHI.....	- 59 -
Figura 4-9: LOGO	- 64 -
Figura 4-4-10: Diseño con tarjeta Arduino UNO	- 65 -
Figura 4-11: Programación LOGO	- 66 -
Figura 4-12: Primera semana	- 72 -
Figura 4-13: Segunda semana	- 73 -
Figura 4-14: Tercera semana.....	- 73 -
Figura 4-15: Producto final.....	- 74 -
Figura 4-16: Diagrama Funcional	- 76 -
Figura 4-17: Acondicionamiento del terreno.....	- 79 -
Figura 4-18: Instalando Goteo y Tubería	- 80 -

Figura 4-19:	Adecuación del área para la bomba	- 80 -
Figura 4-20:	Implementación circuito de potencia	- 81 -
Figura 4-21:	Cableado para sistema automático	- 81 -
Figura 4-22:	Logo gestión con electroválvulas	- 82 -
Figura 4-23:	Control de señales.....	- 82 -
Figura 4-24:	Funcionamiento del circuito	- 83 -
Figura 4-25:	Sistema de goteo en funcionamiento.....	- 83 -

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A:** Encuesta realizada a usuarios del canal de riego Catiglata – La Península
- Anexo B:** Normativa según CONELEC 004/01 año 2011
- Anexo C:** Tabla para ubicar el sensor de humedad
- Anexo D:** Descripción sensor de nivel
- Anexo E:** Características del LOGO siemens
- Anexo E-1:** Cableado para el LOGO
- Anexo F:** Materiales de implementación para el prototipo
- Anexo F-1:** Accesorios del prototipo
- Anexo G:** Costos directos
- Anexo G-1:** Costos
- Anexo H:** Mediciones
- Anexo H-1:** Factor de potencia Vs Tiempo
- Anexo H-2:** Energía (Wh) Vs Tiempo (s)
- Anexo H-3:** Potencia (W) Vs Tiempo (s)
- Anexo H-4:** Voltaje (V) Vs Tiempo (s)
- Anexo H-5:** Armónico de voltaje (%) Vs Tiempo (s)
- Anexo H-6:** Corriente (A) Vs Tiempo (s)
- Anexo H-7:** Armónico de corriente (%) Vs Tiempo (s)
- Anexo I:** Avalués de propuesta e instrumentos utilizados en la tesis

INTRODUCCIÓN

Situación Problémica

En el Ecuador.- históricamente el manejo del agua se ha concebido como obras de infraestructura, esto es manejo de embalses, captación, construcción de canales de riego, drenajes, es decir, se han centrado en la provisión de agua para las diferentes actividades, sin mirar su eficiencia, de ahí que proyectos tecnificados y automatizados no existen o en su defecto no son integrales.

En la provincia de Tungurahua el agua es escasa existe una distribución desigual lo que causa un desequilibrio entre oferta y demanda. Lo cual afecta el desarrollo de la agricultura, y los que más sufren son los pequeños productores, por lo que es necesario apoyar con el desarrollo tecnológico para tornar los actuales sistemas de riego en una alternativa productiva. La tecnificación permitirá optimizar el tiempo, realizar un uso adecuado del agua, racionalizar el consumo de la energía y elevar la eficiencia de los sistemas.

En la Parroquia “La Península” el sector agrícola está orientado a la producción de hortalizas, frutales menores, que forman parte de la soberanía alimentaria de las familias, pero el riego es tradicional con tecnologías como: riego por huachos, canteros y en general por gravedad, lo cual ocasiona importantes inversiones en tiempo y mano de obra, y sobre todo el desperdicio de agua, por lo cual se busca optimizar los sistemas de riego, esta investigación busca alternativas a bajo costo para que el agricultor invierta y aproveche al máximo el líquido vital y por sobre todo mejore su producción y haga un uso moderado del consumo de energía.

El agua de riego en la provincia de Tungurahua, tiene problemas de calidad debido a la infraestructura de captación, forma de conducción hasta su uso en los cultivos, son factores que se debe superar para la tecnificación y automatización de los sistemas. La poca agua, y la obsolescencia de la tecnología y la poca voluntad de cambio de los agricultores sumen en la pobreza relativa a este sector. Los sistemas de riego tecnificados eleva su eficiencia energética, ya que se tiene control en los aspectos claves como: humedad, calidad de agua, consumo de energía, tipo de producción agrícola. El estudio considera las siguientes variables:

Variable Independiente: Sistemas de riego automatizado.

Variable Dependiente: Consumo de energía.

La falta de sistemas tecnificados y automatizados puede generar una animadversión en la producción agrícola perdiéndose las posibilidades de contar con alimentos propios para las familias y los mercados locales.

Justificación de la Investigación

La investigación se realizará con la finalidad de optimizar el consumo de energía en el proceso de riego en la Microempresa Rocío, ubicada en el cantón Ambato. En esta investigación se propone, incentivar al agricultor a utilizar alternativas modernas para el riego en sus cultivos, para mejorar el sistema de riego utilizando sistemas de control automáticos, los cuales nos permitirán: mejorar la eficiencia, disminuir el consumo de energía, tener un control adecuado de la humedad en el suelo. Parámetros que ayudan a mejorar la parte productiva como la parte operacional del sistema.

El estudio contempla el análisis de la energía eléctrica que intervienen en el sistema de riego, analizándose el sistema desde la fuente de energía hasta el sitio de carga, evaluando las eventuales pérdidas, y desde esta base proponer los elementos correctores observando las normas de distribución eléctrica y tolerancias en las mismas, para poder determinar la eficiencia en el sistema de riego.

Objeto de Estudio de la Investigación.

Sistema de riego, en la Microempresa Rocío, ubicado en el Cantón Ambato.

Campo de Acción de la Investigación

Automatización y control del sistema de riego.

Hipótesis

Si se diseña un sistema de riego automatizado eficiente a bajos costos, permitirá la disminución del consumo de agua y reducción de la energía, en la microempresa Rocío, ubicada en el cantón Ambato, en el año 2015.

Sistema de Objetivos Específicos

Tabla 1-1 Sistema de Objetivos

Objetivos Específicos	Sistema de Tareas
<ul style="list-style-type: none">• Investigar sobre la temática relacionada con la eficiencia de los sistemas de riego y su relación con el consumo de la energía eléctrica.	<ul style="list-style-type: none">• Revisión de documentos científicos que nos permitan hacer un análisis previo del problema a investigar.• Realización de citas y referencias bibliográficas para sustentar nuestro tema de investigación.
<ul style="list-style-type: none">• Realizar el levantamiento de los principales indicadores del consumo de energía en un sistema de riego actual, para cubrir una superficie de 2000 m².	<ul style="list-style-type: none">• Investigación de un equipo que nos permita registrar información referente al consumo de energía eléctrica.• Utilización de un analizador de carga para determinar el comportamiento de la bomba.
<ul style="list-style-type: none">• Analizar un sistema automatizado que permita mejorar la eficiencia energética en el sistema de riego, utilizado en la producción agrícola.	<ul style="list-style-type: none">• Investigación de las características de los sistemas de riego que se utilizan en el sector.• Realización de un sistema utilizando un software de control automático.
<ul style="list-style-type: none">• Poner a disposición de los agricultores, un diseño para el riego tecnificado, y promover el buen uso de la energía.	<ul style="list-style-type: none">• Socialización del sistema de riego diseñado con los agricultores que utilizan el recurso hídrico para sus actividades agrícolas.
<ul style="list-style-type: none">• Realizar el análisis de factibilidad económica y ambiental del sistema Automatizado de Riego en la Microempresa Rocío en el cantón Ambato.	<ul style="list-style-type: none">• Determinación de la factibilidad económica.• Determinación los beneficios del uso y manejo de los recursos hídricos.

Fuente: Suárez R. (2015)

VISION EPISTEMOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN

Paradigma o Enfoques

En el trabajo de investigación se utilizara el enfoque cuali – cuantitativo; debido a que se realizaran mediciones, descripciones y observaciones, métodos para realizar mediciones además el conteo y uso de la estadística para la comprobación de hipótesis y en función de estos datos estableceremos conclusiones y recomendaciones sobre las variables de investigación.

Alcance de la Investigación

La presente investigación tiene como alcance dar soluciones a los problemas de la eficiencia energética en los sistemas de riego, mediante el diseño de un sistema de automatización que permita el control del consumo energético, las variables de: humedad, temperatura, serán las encargadas del control On / Off, para el funcionamiento del sistema. La automatización nos permitirá disminuir el consumo energético referente a la energía eléctrica. De esta manera se aportará a mejorar los procesos en la agricultura puesto que se realizará un correcto uso de los recursos hídricos y al tener un control de esta magnitud se está beneficiando directamente el medio ambiente y claro los agricultores porque tendrán una adecuada dosificación de agua para sus cultivos.

Descripción Breve de la Tesis

En éste proyecto de tesis se aplican varias técnicas estudiadas a lo largo de la vida estudiantil, las cuales son tanto innovadoras como de gran ayuda para los propietarios de cultivos. Con la aplicación de las técnicas y equipos necesarios en el tablero de control automatizado, se podrá prescindir de la mano de obra, mejorar la producción y reducir los consumos excesivos de energía utilizada en el riego sin ningún tipo de tecnificación, entonces nuestra investigación se desarrollara de la siguiente forma.

CAPÍTULO I. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

En el presente capítulo se realizará una caracterización del objeto, se determinará un marco teórico de la investigación, fundamentación y bases teóricas del problema a investigar.

CAPÍTULO II. METODOLOGIA.

Se detallarán los métodos para realizar la investigación.

CAPÍTULO III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Recolección y tratamiento de la información.

CAPÍTULO IV. PROPUESTA.

Se realizará la solución al problema, y se detalla todos los materiales utilizados, y todo el procedimiento de la elaboración del proyecto.

CAPITULO I

1. MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

1.1 Caracterización detallada del objeto

Objeto: Sistemas de riego, en la Microempresa Rocío, ubicado en el cantón Ambato.

La investigación se realizará tomando en consideración los siguientes aspectos:

- El consumo de la energía eléctrica en un sistema de bombeo de agua de riego para la producción de cultivos.
- Y la cantidad de agua de riego que es utilizada para sembríos de ciclo corto.

El optimizar tanto la energía como el agua nos permitirá tener cultivos eficientes a un menor costo. La realidad de muchos agricultores debido al inadecuado manejo de los recursos es llegar a obtener bajas producciones. En el sector no se dispone de mucha agua de regadío por ende muchos de los cultivos se ven afectados. Un número determinado de agricultores tienen en sus terrenos sistemas presurizados (goteo, aspersión), con esto han logrado disminuir el consumo de agua pero el manejo de la energía utilizada en el sistema de bombeo no tiene ningún control.

En la Microempresa Rocío es necesario realizar un diagnóstico del sistema de riego, determinar qué tipo de sistema utiliza y de esa manera poder diseñar un modelo que le permita controlar tanto la energía como el agua con el objetivo de garantizar una adecuada producción sin tener que consumir recursos innecesarios.

La Microempresa está ubicada en: Ecuador - Provincia del Tungurahua – Cantón Ambato – Parroquia la Península – a 5km de la Av. Indoamérica.

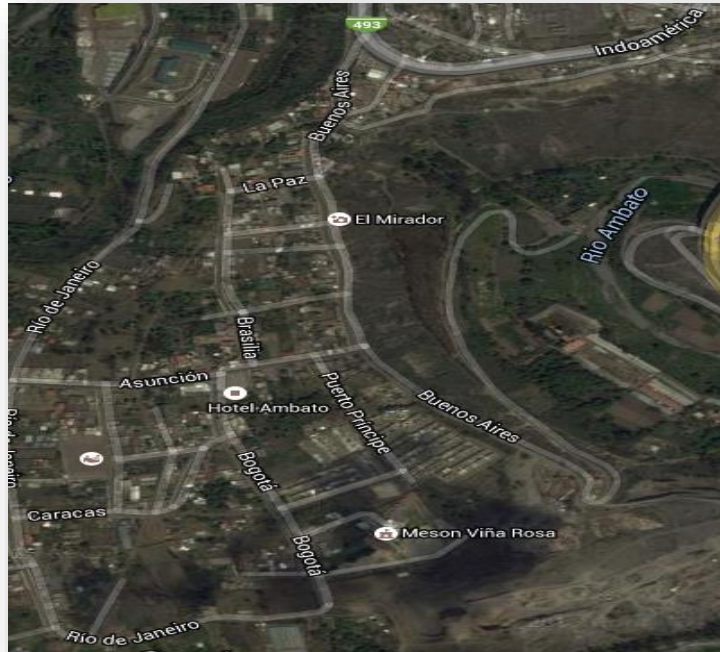


Figura 1-1: Ubicación Geográfica

Fuente: Google Maps. URL: <https://www.google.com.ec/maps>

El periodo para la investigación será aplicado a un cultivo de ciclo corto. Además el desarrollo del sistema será en el área de automatización y control ya que mediante este proceso se desea disminuir los niveles de consumo de la energía eléctrica de un sistema de riego convencional. El desarrollo o aplicación de tecnología ayuda a mejorar muchos aspectos en la vida de un agricultor, tanto en el aspecto económico como operacional. Finalmente ayudará al medio ambiente ya que se hará un uso manejo adecuado del agua, y así no subutilizar recursos que son innecesarios en la mayoría de cultivos.

1.2 Marco teórico de la investigación

1.2.1 Argumentación acerca de la necesidad de la investigación

En la Provincia de Tungurahua existen algunos canales de agua de riego tales como: la Tomas de Sevilla, Darquea, Chacon, Alta Fernandez, Huachi Pelileo, Mocha Yanahurco Cevallos entre otras.

Para nuestra investigación el agua proviene del canal Catiglata- la Península que tiene una distancia de 10 km, desde su bocatoma que es en el sector de Atocha-Ficoa, además tiene como usuarios 120 personas y una disponibilidad de agua de 520 horas.

La mala distribución de este recurso hace que muchos de los usuarios no tengan la cantidad de agua suficiente para su área de terreno como podemos observar en la tabla 1-1:

Tabla 1-1: Usuarios mayoritarios del consumo de agua

Total de horas	Usuarios mayoritarios	Número de horas
520	Teneria Alemana	82
	Plasticaucho	50
	Vargas	20
	Martínez	18
	Cepeda	18
	Mena	9
	Quitiguiña	9
	Total	206

Fuente: Suárez R. (2015)

Al analizar la tabla 1-1 notamos que 7 usuarios disponen del 39,61% del total de agua que se distribuye en este canal quedando con muy poca cantidad de horas para los 113 usuarios (caso de la Microempresa Rocío), restantes en promedio deberían regar 2 horas cada uno pero debido a las condiciones de los canales en muchos de los casos no se dispone del agua de riego.

Existen en nuestro país varias instancias que tienen incidencia en la regulación y control del agua, ya sea esta para regadío, potable y usos industriales, por ejemplo tenemos:

- SENAGUA (Secretaria Nacional de Agua), que es autoridad única del agua, y cuyo marco normativo central es la Ley orgánica de Uso y aprovechamiento del agua.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador, encargado del control de la calidad del agua, cuya base legal para su actuación, es el texto unificado de legislación ambiental “TULAS”

(Nacional, 2014) Dentro de SENAGUA tenemos la LEY DE AGUAS, a la cual nos regimos para la elaboración de la investigación, y haciendo referencia en las otras entidades de control.

A continuación los artículos de la Ley de Aguas vinculados con la presente investigación.

- Qué, los artículos 12, 313 y 318 de la Constitución de la República consagran el principio de que el agua es patrimonio nacional estratégico, de uso público, dominio inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos, reservando para el Estado el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.
- Qué, el artículo 411 dispone que el Estado garantizara la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico y que regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, especialmente en las fuentes y zonas re

recarga. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

- Qué, el artículo 281 establece que la soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente. Para ello, dispone que será responsabilidad estatal promover políticas redistribuidas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, el agua y a otros recursos productivos.

Del Capítulo VII, obligaciones del estado para derecho humano al agua, Sección segunda de los usos del agua se tiene:

- Artículo 86 agua y su prelación de conformidad con la disposición constitucional, el orden de prelación entre los diferentes destinos o funciones del agua es: Consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas. El agua para riego que garantice la soberanía alimentaria comprende el abrevadero de animales, acuicultura y otras actividades de la producción agropecuaria alimentaria doméstica, de conformidad con el Reglamento de esta ley.

Con lo antes descrito podremos determinar que es de vital importancia realizar procesos que nos permitan tener una alta eficiencia en el manejo del agua, utilizando la mínima energía es decir hacer también un uso adecuado de la energía que se utiliza en el transporte del recurso.

1.2.2 Antecedentes de estudio

En la actualidad más del 40 % del agua destinada para riego se pierde (por infiltraciones, malos diseños de canalizaciones entre otras) antes de que llegue a los cultivos. El agua es un elemento esencial en la producción agrícola y para lo cual se han realizado algunas investigaciones sobre el uso correcto de la misma para obtener un cultivo de excelencia y sin efectos secundarios a los consumidores. (Recursos Hídricos, 2014)

En la investigación (Santander, 2011), donde el autor manifiesta que sería necesario implementar sistemas innovadores para el riego con el propósito de optimizar el consumo del agua de riego y así podríamos mejorar la eficiencia en la aplicación del agua al suelo, mejorando sustancialmente la relación agua-suelo-planta, sin tener que consumir alta cantidad de energía eléctrica.

En la investigación: (Sarabia, 2010), la cual reposa en la Universidad de Talca, Escuela de Ingeniería en construcción, donde el objetivo general de esta memoria fue mejorar un canal de riego mediante un tipo de revestimiento que optimice la utilización del recurso agua, esto se logra realizando el estudio de costos constructivos a 5 tipos distintos de revestimiento para el canal Quillayal, el cual está ubicado en la comuna de Sagrada Familia, también se realiza un análisis hidráulico mediante el programa computacional HCanales, el cual utiliza la fórmula Manning para determinar las alturas normales que obtendrá el agua dependiendo de la sección, pendientes

y coeficientes de rugosidad que tiene el canal. En este estudio se determinó que el mejor revestimiento es la albañilería de ladrillos confinada estucada debido a su bajo coeficiente de rugosidad con lo cual se lograba una menor cantidad de revestimiento.

En la investigación: (Ardila, 2013), manifiestan que mediante la automatización del riego se fortalecerá el nivel de distribución de agua utilizada en la producción de diferentes cultivos.

En la investigación: (Tubón, 2009), la cual reposa en la universidad ESPE, Facultad de Automatización se manifiesta que utilizando un sistema Scada podemos monitorear diferentes aspectos de funcionamiento de un sistema un parámetro de esto es la temperatura utilizada para el accionamiento de actuadores.

En la Provincia en general no se realizan proyectos para el bombeo de agua de regadío como en otras provincias del país, la gran mayoría de agricultores riega por inundación (proceso artesanal), un cierto sector ha construido invernaderos con el objetivo de mejorar la producción pero no todos han puesto un sistema de riego como por ejemplo el goteo, nebulización, aspersión. Aún se mantiene lo tradicional y los pocos que han ubicado un sistema no llevan ningún control del mismo (dosificación del agua según el criterio del agricultor).

En nuestro caso particular de estudio en ninguno de los casos cuenta con un sistema automático para un sistema de riego, no se realiza ningún monitoreo y control toda la parte productiva se la realiza a base de la experiencia del agricultor. Por lo tanto no tiene idea del consumo tanto de la energía como del agua que se requieren para poder cultivar un área de terreno.

1.3 Fundamentación de la investigación

La Microempresa Rocío dedicada a producir diferentes productos tales como: rábano, papanabo, lechuga, cilantro, perejil, mora, ají entre otros. Siempre ha tenido un problema el cual es no contar con la suficiente agua que requiere para su área de terreno. Entonces en este caso la Microempresa ha tenido que invertir en la construcción de un tanque reservorio, también instalar un sistema de riego presurizado (goteo), pero aun así no han conseguido tener un buen manejo y distribución del recurso hídrico.

El accionamiento del sistema de bombeo se realiza según el criterio del agricultor es decir el determina que tiempo se debe regar en el sembrío y dado que es un proceso artesanal mientras no se vea una sobresaturación de agua en el terreno el agricultor no dejaba de regar agua.

Considerando que el agua llega cada 8 días por un periodo de 2 horas y que son distribuidas entre 4 personas la media hora le permitía solo llenar su tanque, pero al no tener ningún sistema de control automático el agua que tenía almacenada no era la suficiente para distribuir en su cultivo.

Por lo tanto se hace necesario hacer un análisis de los parámetros que nos permitan mejorar este sistema de riego mediante la utilización de la Automatización Industrial. La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores

humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Para mejorar la productividad, reducir costos en la producción y mejorar la calidad del producto, incrementar la seguridad y colaborar con un mejoramiento en las condiciones de trabajo de los agricultores.

Con el uso de la automatización se puede mejorar la disponibilidad de los recursos (hídricos), proveer de cantidades necesarias en el momento preciso con altos niveles de precisión, que muy difícilmente se podría lograr manualmente.

Otra de las ventajas es simplificar el mantenimiento, de forma que el agricultor no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo por lo tanto ayuda a integrar la gestión del sistema de riego y producción al mismo tiempo.

1.4 Caracterización de los sistemas automatizados

Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: medición, evaluación y control.

Medición: Para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe estar apto para medir aquellos cambios físicos. Por ejemplo, la humedad y la temperatura nos ayudaran a determinar el comportamiento de un sistema de riego. Este sistema es denominado retroalimentación, ya que la información obtenida de las medidas es retroalimentada al sistema y este a su vez servirá para realizar el respectivo control.

Evaluación: La información obtenida gracias a la medición es evaluada para así poder determinar si una acción debe ser llevada a cabo o no. Por ejemplo, si una nave espacial su posición y encuentra que está fuera de curso, una corrección del curso debe llevarse a cabo; la función de evaluación también determina qué tan lejos y en qué dirección debe ser lanzado un cohete para que la nave espacial tome el curso de vuelo correcto.

Control: El último paso de la automatización es la acción resultante de las operaciones de medición y evaluación. Por ejemplo de la operación anterior, una vez que se sabe qué tan lejos y en qué dirección debe ser lanzado el cohete, el cohete es lanzado y devuelve al curso de vuelo a la nave espacial gracias a la reacción causada por el paso del cohete junto a la nave espacial. (Molina C., 2009)

1.4.1 Clases de automatización

En la literatura se reconocen tres clases de automatización industrial:

La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño.

La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (software).

La automatización flexible Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora. (Molina C., 2009)

1.4.2 Caracterización de los sistemas de control

Un sistema automatizado consta de dos partes principales las cuales están definidas de la siguiente manera:

La Parte Operativa es la parte que actúa directamente sobre el proceso. Son los elementos que hacen que permiten el funcionamiento del proceso y realice operaciones deseadas. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera, electroválvulas, bombas.

La Parte de Mando suele ser un autómata programable (tecnología programada), tarjetas de adquisición, aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de un sistema automatizado. (Gomez, 2015).

1.5 Caracterización de los sistemas de riego

En la Microempresa Rocío se tiene diferentes sistemas de riego puesto que cada área tiene un determinado cultivo.

- Para la producción de alfalfa se utiliza un sistema de aspersión.
- Para el césped simplemente se riega por inundación.
- Para la producción de productos de ciclo corto se utiliza el sistema de goteo.

Cada sección de terreno tiene un área de 250 m², cabe mencionar que la empresa ha invertido en un sistema de goteo para toda el área de cultivo puesto que han tenido la necesidad de ahorrar el agua y por este motivo se ha implantado este sistema para las diferentes áreas de producción. Ya que el proceso de inundación y aspersión no les ha dado buenos resultados.

No se ha puesto en consideración del agricultor nuevas opciones tecnológicas que apoyen a elevar la eficiencia del riego. La eficiencia promedio del riego en Tungurahua apenas alcanza el 15 %, lo que delata el alto desperdicio del agua.

Debemos tomar en cuenta que el agua de riego en nuestra provincia, no es de excelente calidad debido a la forma de conducción que tiene la misma, desde su captación hasta su uso en los cultivos. La poca agua, y la obsolescencia de la tecnología además la poca voluntad de cambio de los agricultores sume a la pobreza relativa a este sector ya que no se ha notado una industrialización en los procesos agrícolas.

En la actualidad conocemos que hay diferentes escenarios en cuanto al manejo de la producción agrícola, ciertas tecnologías que se han utilizado pero no han garantizado que el consumo de energía que utilizan en sus plantaciones sean las adecuadas o no se tiene ningún control. El agricultor necesita del agua de riego para poder producir, pero siempre la conducción ha sido un problema puesto que en algunos casos los canales no tienen un diseño adecuado, por lo que el tiempo que utilizan para llevarla a sus terrenos es muy largo, dentro de estos canales podemos identificar:

Canales de riego en tierra

Según (Koolhaas, 2011) manifiesta: “Los canales pueden utilizarse también para la remoción de los excesos hídricos”. En nuestro país tanto los canales de riego como los de drenaje, en general, son canales de tierra en nuestro caso el canal Catiglata-La Península ciertos tramos son de esta constitución física.

Canales de riego revestido

Para mejorar y optimizar el recurso se puede tener un canal de riego que tenga revestimiento, los revestimientos pueden realizarse con: Hormigón armado, mampostería de piedra, losetas prefabricadas de hormigón.

Cuando se decide realizar el revestimiento de los canales hay que tener en cuenta las características del suelo y definir el tipo de revestimiento más conveniente desde el punto de vista económico y de la eficacia para la conducción del agua.

Conducción por tubería

El uso de tubería para llevar el agua hacia sus propiedades tiene las siguientes características:

El flujo está supeditado, al diámetro de la tubería, a la pendiente, no importa la alineación el agua siempre se conduce presurizada, lo cual favorece la instalación del riego parcelario de forma tecnificada.

La columna de agua que soporta la tubería determina la presión, y ésta determina el tipo de riego que se puede realizar, tal es el caso del riego por aspersión, nebulización, goteo.

1.5.1 Tecnologías y tipos de riego

Existen varios tipos y tecnologías del riego los cuales involucran un consumo de energía variado, a continuación detallamos las características de los mismos.

Riego por inundación

El riego por surcos tiene la particularidad de que el agua empleada se desplaza por los cultivos a gravedad. Es decir, el agua recorre la pendiente y en consecuencia no es necesario la utilización de otro tipo de energía para que se movilice. En este tipo de riego las hojas y demás partes externas de la planta no están en contacto con el agua pero en muchos de los casos por la inadecuada conformación del suelo se quedan sin regar, lo cual afecta a la producción.

Riego presurizado

El riego presurizado ha revolucionado la forma en que regamos las plantas. Se hace correr agua en tuberías, se presuriza y se riega las plantas con ella. Este método ahorra mucha más agua que los sistemas tradicionales de riego superficial, en donde el agua de canales o cuerpos de agua se libera en surcos o cuencas abiertas y se distribuye por gravedad.

Riego por aspersión

Este tipo de riego se caracteriza porque el agua alcanza a las plantaciones por medio de una lluvia restringida a cierto sector. El riego por aspersión puede ser llevado a cabo en terrenos poco uniformes, con pendientes y es susceptible de utilizarse en la mayor parte de cultivos y suelos. (Organisation, 2012).

Riego por nebulización

El riego por nebulización el agua se aplica en forma de neblina y las presiones de operación son mayores de 2 a 4 kg/cm², se recomienda utilizarla para el control de humedad y temperatura, propagación de plantas, producción de forrajes en invernaderos.

Riego por goteo

El riego por goteo es una técnica puesta en práctica en aquellas zonas áridas debido a que promueve la utilización eficaz de abonos y agua. El riego por goteo consiste en la aplicación del agua a las plantaciones de forma localizada, que por infiltración se deposita lo más cercano a las raíces de las plantas. Suele aumentar la producción y lograr un ahorro de agua, ya que es aplicada localizada mente en cada planta. (Riego, 2015)

Tabla 1-2: Comparación sistema de riego

Método de riego	Eficiencia Aplicación	Eficiencia Almacenamiento	Eficiencia Uniformidad	Eficiencia Agronómica
Inundación	0.40	0.85	0.60	0.20
Surcos	0.55	0.85	0.75	0.35
Aspersión	0.90	1.00	0.85	0.76
Goteo	0.95	1.00	0.95	0.86

Fuente: http://www.cadenahortofruticola.org/admin/tecno/23sistemas_de_riego_colpozos.pdf Pp. 8

1.5.2 Tipos de agricultores

Existen diferentes tipos de agricultores, es por eso que se hace necesario conocerlos, ya que sus características particulares tienen diferentes demandas de agua, por las sinergias que generan las relaciones agua-suelo-planta, en los diferentes sistemas de cultivo, que caracterizan a los tipos de productores, que a continuación presentamos:

Agricultor tradicional

Alrededor del 60% de la tierra cultivada del mundo se trabaja todavía con métodos tradicionales y de subsistencia. Este tipo de agricultura tiene la ventaja de siglos de evolución cultural y biológica que le ha adaptado bien a las condiciones locales. (Ruthenberg, 1976). Según dice (Egger, 1981): Los pequeños agricultores han desarrollado y/o heredado sistemas agrícolas complejos que les han permitido satisfacer sus necesidades de subsistencia durante siglos, aun en condiciones ambientales adversas sin depender de la mecanización. Generalmente estos sistemas agrícolas consisten en una combinación de actividades de producción y consumo. Los agricultores tradicionales son mucho menos conservadores en sus innovaciones de lo que creen muchos agrónomos.

Agricultor progresistas

El término agricultor progresista fue generado a partir de un movimiento de la agricultura contemporánea conocido como la agricultura progresiva, un tipo de agricultura dedicada a la

invención y a la enseñanza de técnicas de cultivo seguras. El patrocinador principal de este movimiento es la Fundación Agrícola Progresiva (Progressive Agriculture Foundation), una organización sin fines de lucro que busca, incrementar el conocimiento, la conciencia y la prevención de lesiones y muertes relacionadas con la agricultura.

Agricultor de subsistencia

La agricultura de subsistencia es un modo de agricultura en la cual una parcela de tierra produce solo lo suficiente para alimentar la familia que trabaja en ella. Dependiendo del clima, condiciones de suelo, prácticas agrícolas, cultivadas, crecimiento del cultivo, estatus de tenencia de la tierra y facilidades para mercadeo.

Agricultor empresarial

La agricultura empresarial muestra las siguientes características. Disponibilidad adecuada de financiamiento y de insumos, en el momento oportuno. Suelos de buena calidad y en general, con capacidad para enfrentar riesgos, disponibilidad de riego y con disponibilidad de seguro agrícola, especialización de la producción de cultivos únicos, para favorecer la mecanización y algunas prácticas de manejo, mecanización intensiva de las actividades de producción, por lo que se requieren superficies más o menos planas, maximización de ingresos por unidad de superficie como objetivo, uso intensivo del capital y sistemas adecuados de información sobre precios, mercados y transporte de insumos y productos y alto grado de organización de los factores de la producción, en la región de estudio. Se practica mayormente bajo condiciones de riego o del temporal con humedad residual en parcelas mayores a 4 hectáreas (Sepúlveda, 1992).

1.5.3 Sistemas de cultivo

La agricultura ha sido practicada desde los inicios de la humanidad. Se han realizado modificaciones en los espacios agrícolas a través del tiempo; cambios producidos en función de la adaptación a los factores naturales como también en función de los sistemas económicos y políticos. (Curuguay, 2015). Con la revolución industrial y la consecuente necesidad del incremento de alimentos, la agricultura, que hasta ese momento había sido de carácter tradicional, se transforma progresivamente. El desarrollo de la técnica va a desempeñar un papel muy importante en los niveles de productividad y diversificación de los productos agrícolas.

Actualmente se distinguen dos tipos de enfoque de la agricultura como modo de producción.

- La agricultura como modo de vida, es decir, la concepción más tradicional.
- La agricultura como modo de ganarse la vida, es decir, con un punto de vista mucho más económico.

Para comprender las diferencias de cada sistema de cultivo se cita lo siguiente:

Sistema de cultivo Convencional

Está orientado a obtener el máximo rendimiento en el menor tiempo posible y caracterizado por la mecanización agrícola y el uso de fitosanitarios (fertilizantes, herbicidas, pesticidas) químicos.

Sistema de cultivo ecológico

Tiene como objetivo producir en equilibrio con la naturaleza, respetando el medio ambiente y la vida en que se desarrolla. En último término su finalidad es obtener productos saludables para los consumidores sin importar la cantidad y sin desestabilizar los ecosistemas agrarios.

Es un sistema de producción que utiliza al máximo los recursos y mecanismos de producción naturales, asegurando a largo plazo una agricultura sostenible, siendo una de sus principales características la exclusión del uso de compuestos químicos de síntesis tanto para la fertilización como para el control de plagas y enfermedades.

Sistema de cultivo Integrado

Es un sistema cuyo objetivo es lograr un cultivo sostenible compatibilizando técnicas y medios para lograr la máxima rentabilidad y al mismo tiempo ocasionar el menor daño posible al ambiente y a los consumidores.

1.5.4 Factores agronómicos

Nos indica que los factores agronómicos son labores culturales que se hacen en un cultivo específico para mejorar la producción y rendimiento por unidad de área, también llamado Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), tales como: riego, aporque, desmoche, podas entre otras. (Alvarez, 2011).

Uno de los factores que vamos a considerar será:

Erosión hídrica

Según (Urbano, 1981) menciona que: La erosión hídrica en terrenos agrícolas es resultado de la combinación de factores del medio con (factores agronómicos). Entre los primeros se encuentran la intensidad de la lluvia. La susceptibilidad del suelo a la disgregación, la topografía y la naturaleza de la cobertura vegetal. Los factores agronómicos inducen una gran variabilidad espacial y temporal de los fenómenos erosivos, debido a que modifican sus características.

Por lo tanto es necesario saber cuál es el tipo de suelo y así determinar el nivel de consumo del recurso hídrico podemos observar en la figura 1-2.



Figura 1-2: Tipo de suelo y cantidad de agua

Fuente: http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf. Pp.7

CAPITULO II

2 METODOLOGÍA

En el presente capítulo se aborda la metodología, el diseño, la modalidad, tipo y nivel de investigación, la población y muestra, los métodos y técnicas que se utilizan para la realización del presente trabajo, así como la operacionalización de las variables y el procedimiento de la investigación.

2.1 Diseño de la investigación

El desarrollo de la presente investigación está basado en una metodología experimental, a través de un estado descriptivo – correlacional, ya que se trabajará en función del objeto de estudio, se intervendrá directamente sobre las variables, registrando sus medidas en la aplicación de aspectos tecnológicos a situaciones puntuales de demanda de energía para procesos agrícolas.

2.2 Modalidad de Investigación

Se utilizaran para el desarrollo de la investigación las siguientes modalidades:

2.2.1 Investigación de Campo

El autor (Herrera E., 2004) señala que “Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en el que se producen los acontecimientos. El investigador toma contacto en forma directa con la realidad para obtener información”.

Esta investigación se desarrollará mediante un estudio de campo, sistemático, controlado para diagnosticar los principales portadores que forman parte de un sistema de riego. Es importante recabar información completa y confiable.

2.2.2 Investigación Bibliográfica – Documental

El investigador (Herrera E., 2004) determina que “Constituye la investigación del problema determinado con el propósito de ampliar, profundizar y analizar su conocimiento, producido éste por la utilización de fuentes primarias en el caso de documentos y secundarias en el caso de libros, revistas, periódicos y otras publicaciones”.

Mediante la cual se recopilará y se analizará toda la información teórica relacionada con las variables, dimensiones e además estará sustentada básicamente en la recolección de información acerca de aspectos tecnológicos sobre equipos, dispositivos, sensores y actuadores con el propósito de determinar los niveles de consumo eléctrico.

2.2.3 Experimental

El autor (Herrera E., 2004) hace referencia que: La investigación experimental “Es el estudio en que se manipulan ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes. El propósito es precisar la relación causa efecto”.

En la investigación se analizará diferentes propuestas para mejorar la eficiencia energética en los sistemas de riego.

2.2.4 Gabinete

La información recolectada requiere de un procesamiento, análisis y discusión de los resultados.

2.3 Nivel o tipo de investigación

En la presente investigación se empleará los siguientes tipos de investigación:

2.3.1 Exploratoria.

En el trabajo de (Herrera E., 2004), señala que “Pone al investigador en contacto con la realidad, observación preliminar del área, elementos y relaciones del objeto de estudio. Conocimiento superficial”.

Se explorará el problema a fin de desarrollar una base de investigación acerca de la tecnología apropiada para mejorar la calidad de producción, mediante el uso de un sistema de riego altamente eficiente.

2.3.2 Descriptivo

También el mismo autor refiere que “Conocimiento detallado de los rasgos externos del problema, se interesa por describir, no le preocupa explicar”.

El nivel descriptivo facilita la identificación de las variables, el análisis crítico de la situación; en el caso de la eficacia, los métodos de medida y los tratamientos de datos que se han desarrollado para poder determinar las pérdidas de energía, y con ello buscar la forma de relacionar y caracterizar los distintos sistemas de riego.

2.3.3 Correlacional

En el trabajo de (Herrera E., 2004), señala que “Permite identificar asociaciones entre variables y establecer relaciones estadísticas”.

El nivel correlacional ayuda a establecer relaciones entre causas y efectos, así como también entre la variable independiente y dependiente. Una vez obtenidos los datos se buscarán distintas vías de tratamiento de los mismos y finalmente, se propondrá un método desarrollado con la utilización de un software de control, en el que el usuario tendrá opciones de visualización de los resultados.

2.3.4 Explicativo

En la investigación de (Herrera E., 2004), señala que “Comprueba experimentalmente una hipótesis. Detecta los factores que determinan ciertos comportamientos. (Variables con otras variables)”.

El nivel explicativo ayudará con la comprobación de la hipótesis.

2.4 Población y Muestra

El autor (Herrera E., 2004), señala que “la población es la totalidad de elementos a investigar respecto a ciertas características”.

La población que se tomara en consideración serán los usuarios que utilizan el canal de riego Catiglata – la Península. Se realizará un acercamiento con las personas de administración del canal para saber cuál es el dato exacto de las personas que utilizan el recurso hídrico.

Una vez conocida la población, a través de la ecuación 2.1 se obtendrá la muestra.

$$n = \frac{N}{E^2 (N-1)+1} \quad \text{ecu. (2.1)}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra
N: Población o universo
E: Error admisible (0,05)

Luego de realizar la consulta respectiva se determina que existen 120 usuarios que utilizan este canal de riego.

Entonces:

$$n = \frac{120}{(0,05)^2(120 - 1) + 1}$$

$n = 92,48 = 92$ personas.

Se tomará una muestra de 92 personas, con el objetivo de conocer cuál es el nivel tecnológico y sistema de riego que ponen en práctica en sus propiedades. De esta forma podremos conocer la realidad de los sistemas de riego existentes en este sector y claro particularmente en la Microempresa Rocío ya que en esta propiedad se realizará una entrevista para conocer la forma en la cual se utiliza el agua de riego que viene del canal Catiglata la Península.

La ubicación geográfica de la parroquia La Península se determina en la figura 2-1:

Latitud: 1,25
Longitud: 78,61
Msnm: 2500 m



Figura 2-1: Ciudad Ambato
Fuente: googlemap

2.5 Operacionalización de variables

2.5.1 Variable dependiente: Consumo de Energía.

En la tabla 2-1 se realiza la operacionalización de la variable dependiente.

Tabla 2-1: Operacionalización VD

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems básicos	Técnica	Instrumento
<p>Para diagnosticar el consumo de energía en los sistemas de riego es necesario identificar los parámetros eléctricos.</p> <p>Además determinar la calidad de energía nos permitirá saber que tan eficiente es la red de suministro para el sistema de riego.</p> <p>Con esta investigación deseamos conocer los costos de funcionamiento tanto de un sistema convencional a relación de un sistema automático.</p>	Parámetros eléctricos	Voltaje	V	Medición Cálculos	Analizador de carga
		Corriente	A		
		Potencia	W		
		Consumo de energía	kWh		
	Calidad de energía	Factor de potencia	adimensional		
		Armónicos de voltaje (THDv)	%		
	Armónico de corriente (THDi)	%			
Costos de operación	Costos directos e indirectos	\$	Software Office	Hoja de cálculo Excel	

Fuente: Suárez R. (2015)

2.5.2 Variable independiente: Sistema de riego automatizado

En la tabla 2-2 se realiza la operacionalización de la variable independiente.

Tabla 2-2: Caracterización VI

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems Básicos	Técnica	Instrumento
El diseñar un sistema de riego automatizado requiere de aspectos o consideraciones tales como: la disposición de agua, parámetros de control y por último realizar una programación con un software el cual nos permita realizar un monitoreo de los parámetros y claro obtener un sistema eficientemente energético. Con bajos costos y producción adecuada se podrán cubrir la inversión requerida.	Recurso hídrico	Cantidad del H ₂ O almacenado	m ³	Cálculo	Ecuaciones
	Dosificación	Frecuencia del riego	s	Observación	Estadística
	Parámetros de control automático	Humedad	bar	Medición	Sensor de humedad HL-69
		Temperatura	°C		Termopar tipo K
		Nivel	On/Off		Camsco regulador de nivel
	Automatización	Arduino	Adquisición de datos	Software	Base de datos arduino
		Logo			Logo Soft confort de Siemens
	Monitoreo	Comunicación	Datos		Bluetooth
Costos de funcionamiento	Costos de operación	\$		Hoja de cálculo Excel	

Fuente: Suárez R. (2015)

2.6 Instrumentos de recolección de datos

2.6.1 Parámetros eléctricos

Para realizar la medición de parámetros eléctricos se considerara lo siguiente:

Medición

- La calidad de voltaje se determina como las variaciones de los valores eficaces (rms) medidos cada 10 minutos, con relación al voltaje nominal en los diferentes niveles.
- El registro en cada punto de medición se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Algunas definiciones que nos ayudarán a comprender los diferentes parámetros que serán recolectados por el analizador de carga.

- Armónicas: Son ondas sinusoidales de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz.
- Voltaje Armónico: Es un voltaje sinusoidal de frecuencia igual a un múltiplo entero de la frecuencia fundamental de 60 Hz del voltaje de suministro.
- Voltaje nominal (V_n): Es el valor del voltaje utilizado para identificar el voltaje de referencia de una red eléctrica.
- Voltaje de suministro (V_s): Es el valor del voltaje del servicio que el distribuidor suministra en el punto de entrega al consumidor en un instante dado.

Determinación de la variación de Voltaje

Para determinar el nivel de voltaje se utilizará la ecuación 2.2:

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad \text{ecu. (2.2)}$$

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Límites

Para la evaluación de la información medida se aplicara la siguiente tabla 2-3:

Tabla 2-3: Regulación N°. CONELEC - 004/01

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente: Suárez R. (2015)

Determinación del nivel de armónicos

Para determinar los diferentes valores se utilizará la ecuación 2.3 y 2.4:

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n} \right) * 100 \quad \text{ecu. (2.3)}$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40} (V_i)^2}}{V_n} \right) * 100 \quad \text{ecu. (2.4)}$$

Donde:

V_i' : factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje

V_i : valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para $i = 2... 40$) expresado en voltios.

V_n : voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

Mediciones

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7.

Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de distorsiones armónicas, se efectuarán mediciones de monitoreo de armónicas, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

Factor de Potencia

Índice de Calidad

- Para efectos de la evaluación de la calidad, en cuanto al factor de potencia, si en el 5% o más del período evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el Consumidor está incumpliendo con el índice de calidad.

Medición

- Adicionalmente a las disposiciones que constan en el artículo 12 del Reglamento de Suministro del Servicio de Electricidad, el distribuidor efectuará registros del factor de potencia en cada mes, en el 2% del número de Consumidores servidos en AV (alto voltaje) y MV (medio voltaje). Las mediciones se harán mediante registros en períodos de 10 minutos, con régimen de funcionamiento y cargas normales, por un tiempo no menor a siete (7) días continuos.

Límite

- El valor mínimo es de 0,92.

Además se medirán datos relacionados con la humedad, temperatura parámetros que ayudaran con el diseño de un control automático del sistema de riego, considerando cuales son los requerimientos por parte del propietario. Para ver el comportamiento de la humedad se pondrá tanto un sensor digital como analógico.

2.7 Procedimiento para las mediciones de las diferentes utilizadas en la investigación

El análisis de los resultados se presentará en cuadros estadísticos, destacando las tendencias o relaciones fundamentadas de acuerdo a los objetivos La revisión y la codificación de los resultados permitirán detectar los errores, omisiones y eliminar respuestas contradictorias.

En la presente investigación se aplicarán técnicas estadísticas y de muestreo, que permitirán estimar los valores tanto de consumo de energía eléctrica y consumo de agua en un sistema de riego.

2.7.1 Técnicas e instrumentos

Para nuestra investigación se utilizaran las siguientes técnicas e instrumentos:

- Mediante la observación y entrevistas en base a cuestionario predefinidos se desea conocer la realidad de los sistemas de riego que se utilizan en el sector antes mencionado.

- Mediante el cálculo y las ecuaciones se determinara todos los parámetros que sean necesarios para conocer los niveles de consumo de energía.
- Mediante la medición podremos determinar los parámetros eléctricos que intervienes en un sistema de riego.
- Mediante el software y la base de datos podremos realizar la automatización de los procesos mediante el uso de parámetros o condiciones de funcionamiento.

CAPITULO III

3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Parámetros iniciales

3.1.1 Análisis de la Encuesta realizada a los pequeños agricultores

Encuesta realizada a los usuarios del canal de riego Catiglata la Península, con el objetivo de conocer las condiciones de los sistemas de riego que tienen los pequeños agricultores.

Análisis de resultados de la encuesta realizada a los usuarios del canal de riego Catiglata la Península.

Pregunta 1

¿En qué nivel usted considera, que la distribución del agua de riego, que utiliza en su terreno se encuentra actualmente?

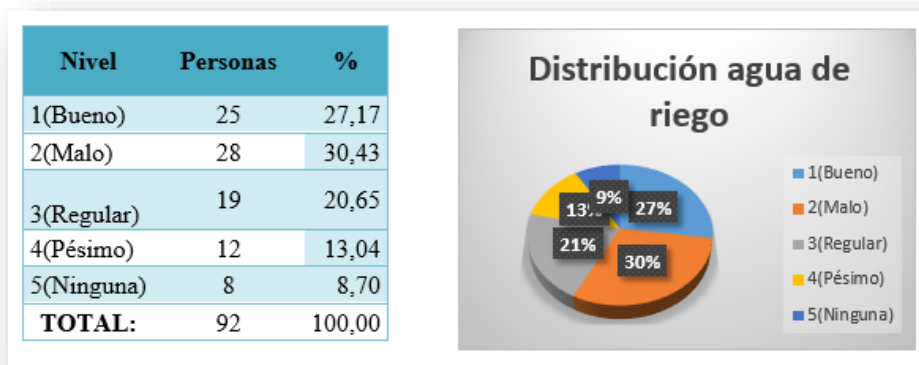


Figura 3-1: Resultado estadístico pregunta 1
Fuente: Suárez R. (2015)

Mediante esta encuesta realizada a los usuarios del Canal de Riego Catiglata – La Península se puede observar en la figura 3-1 que el 30% de usuarios no tiene un sistema de riego adecuado para distribuir este recurso tan elemental como es el agua, mientras que el 27% de los usuarios tiene un nivel bueno según su apreciación, a comparación del 21% de los usuarios que tienen un sistema de riego regular, cabe indicar que son muy pocos los usuarios que tienen un sistema pésimo en cuanto a la distribución que denota en un 13% y también que en ciertas propiedades no tienen ningún tipo de manejo para el control del agua indicándonos que es del 9% de las personas encuestadas.

Entonces deducimos que podría existir una gran cantidad de agricultores, que al no tener un adecuado sistema para el riego en sus propiedades, se está desperdiciando gran cantidad de agua.

Pregunta 2

¿Considera usted que el caudal (cantidad de agua), en horario normal que utiliza para sus cultivos es suficiente para tener una buena producción?

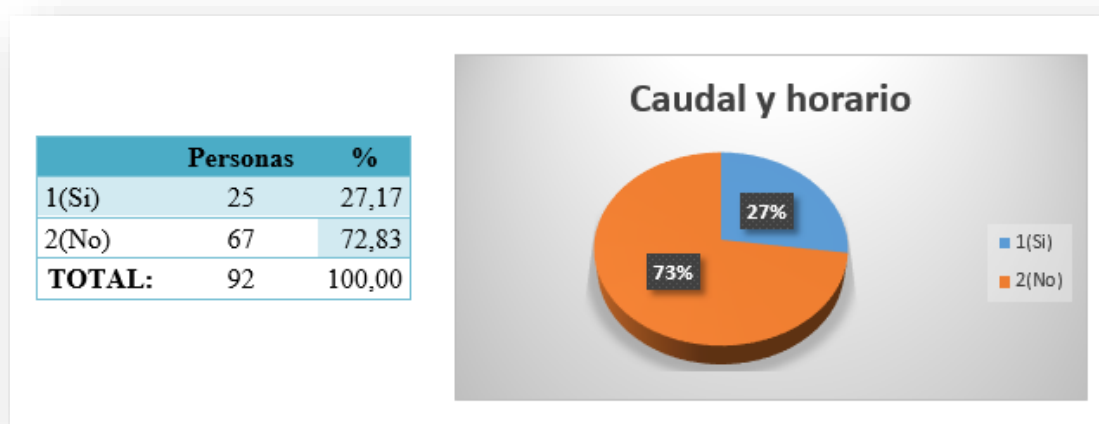


Figura 3-2: Análisis estadístico pregunta 2
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-2 se observa que el 73% de usuarios no tiene una cantidad de agua que le permite tener una buena producción, ya que en momentos de estiaje inclusive no han contado con el agua para sus sembríos. Ahora el 27% nos indica que la cantidad de agua que ellos tienen les permite tener una buena producción cabe resaltar que estos usuarios no deben llevar a distancias tan lejanas es decir están muy cerca al canal de riego.

También es necesario indicar que no todas las personas tienen muchas horas de agua para el regadío.

Pregunta 3

¿Ud. tiene un reservorio de agua para sus cultivos como alternativa en caso de estiaje?

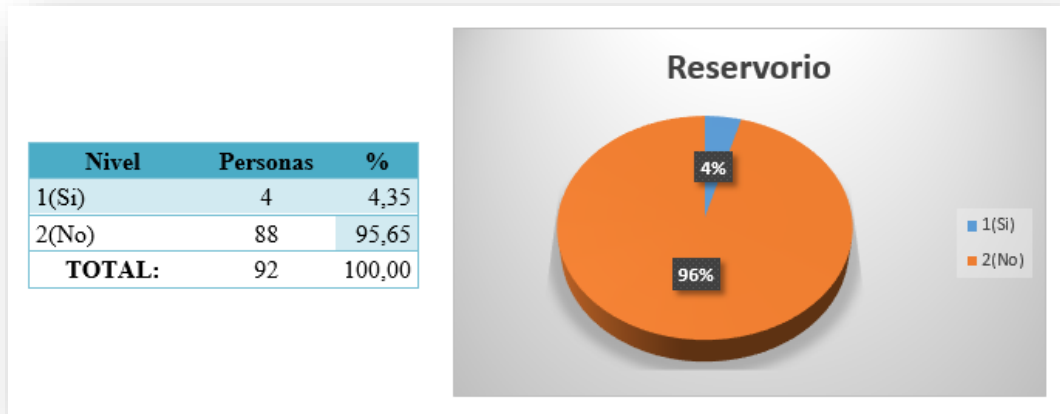


Figura 3-3: Análisis estadístico de la pregunta 3
Fuente: Suárez R. (2015)

Se determinó que el 96% de usuarios del canal no tienen un reservorio construido en sus terrenos ya que mantienen modelos obsoletos en cuanto a la distribución del agua (sistema artesanal), ahora los usuarios que tienen invernaderos o cultivos que requieren de agua, han construido un depósito siendo este un 4% cabe indicar que muchos de estos invernaderos han sido construidos en propiedades las cuales están ubicadas al final del canal de riego puesto que varias propiedades están siendo vendidas para la construcción de condominios como se observa en la figura 3-3.

Pregunta 4

¿Determine que tan forzoso (físicamente) es la conducción del agua que usted utiliza para regar el agua en su terreno?

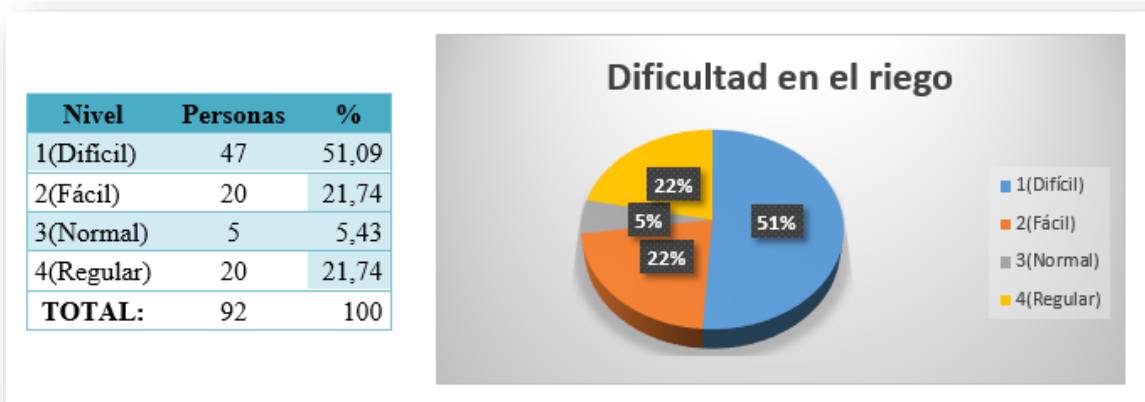


Figura 3-4: Análisis estático pregunta 4
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-4, se determina que el 51% de las personas consideran que es difícil o hay un gran problema al momento de llevar el agua a su respectivo terreno, podemos indicar que en las propiedades no se tienen canales adecuados para el traslado del agua, la mayoría son de tierra y el algunos casos el 22% asegura que es fácil debido a que estos usuarios llenan sus tanques reservorios y posteriormente utilizan algún tipo de sistema para la distribución del agua en su terreno. También nos han manifestado ciertos propietarios que es normal y regular el regadío ya que cuentan con varias personas que les colaboran al momento de regar el agua, es decir tienen empleados.

Pregunta 5

¿Cuál de los siguientes sistemas de riego tiene instalado en su propiedad que sirve para distribuir el agua en sus cultivos?

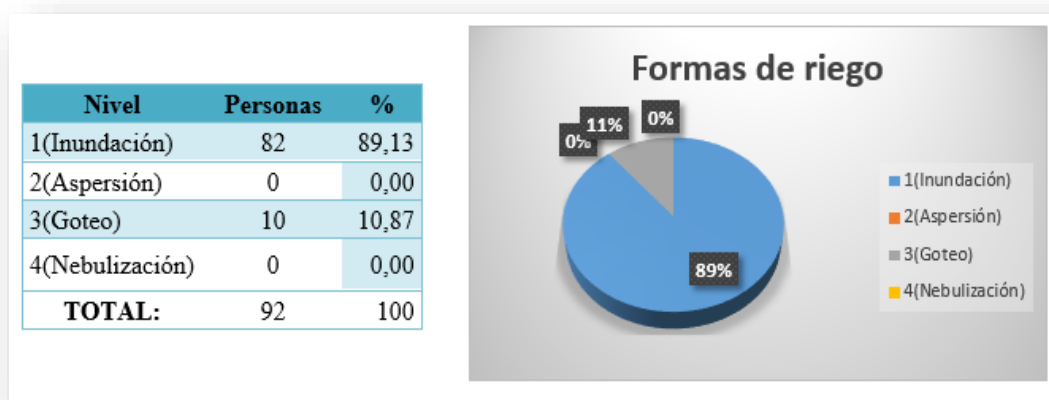


Figura 3-5: Análisis estadístico pregunta 5

Fuente: Suárez R. (2015)

Un gran porcentaje de la población determina que su sistema o método para regar el agua en sus terrenos es la inundación siendo un 89%, el goteo tiene una aplicación del 11% dando a conocer que el nivel tecnológico que se utiliza en este sector es muy bajo ya que por contribución de proyectos del estado han podido ciertos usuarios adquirir estos tipos de sistemas detallada en la figura 3-5.

Pregunta 6

¿Ud. considera que un sistema de riego automatizado nos permitirá mejorar la distribución del agua de riego en las propiedades?

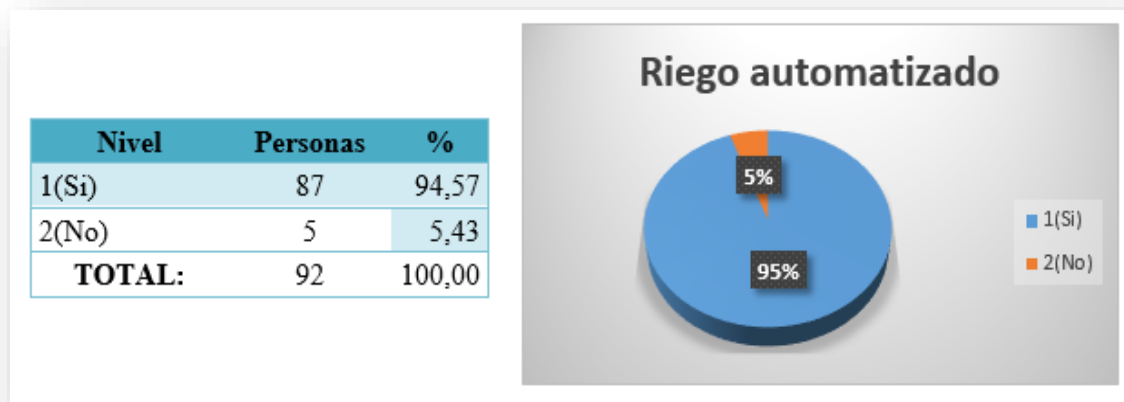


Figura 3-6: Análisis estadístico pregunta 6
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-6 se detalla que un gran porcentaje de la población determina que la automatización permitirá distribuir el agua en sus propiedades, siendo el 95%. El 5% no tiene seguridad con este tipo de implementaciones ya que la mayoría no cuenta con ningún tipo de sistema o simplemente no tienen ningún interés en cambiar su estilo y modelo de riego.

Pregunta 7

¿Considera que un sistema automático consume mucha energía eléctrica para su funcionamiento?

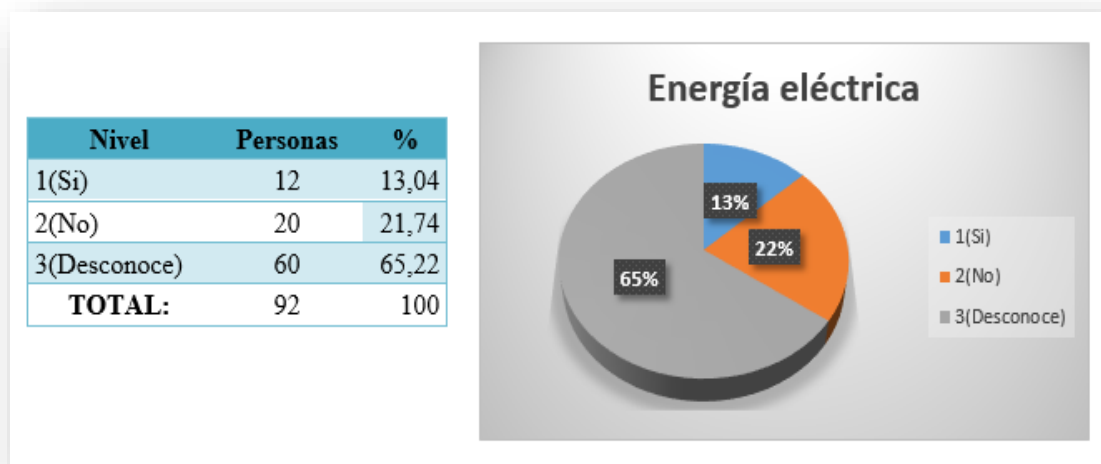


Figura 3-7: Análisis estadístico de la pregunta 7
Fuente: Suárez R. (2015)

Un gran porcentaje de la población determina que no tiene ningún conocimiento acerca del consumo de energía eléctrica que utiliza un sistema automático denotando un 65%, el 22% ha determinado que

no consume tanta energía eléctrica y el 13% emite un criterio en cual determina que si existe un gran consumo como se observa en la figura 3-7.

3.1.2 Análisis de resultados de la entrevista Microempresa Rocío

Entrevista realizada al representante legal de la Microempresa Rocío, para determinar cuál es la manera o proceso que utiliza para realizar el riego de agua en su propiedad.

La señora Osmana Vinueza quien es un usuario del canal de riego Catiglata – La Península, nos ha manifestado que no tiene suficiente agua de riego. Cada 8 días se tiene 2 horas de agua, siendo insuficiente este tiempo para poder regar su propiedad. Debido a este problema en esta propiedad han invertido en la construcción de un reservorio.

Se determina el volumen, para lo cual utilizamos la ecuación 3.1:

$$v = H * X * Y \quad \text{ecu. (3.1)}$$

Donde:

V: volumen (m³)

H: altura (m)

X: ancho (m)

Y: largo (m)

Realizando la medición obtenemos la siguiente información:

Ancho **X:** 4 m

Altura efectiva **Y:** 2,25 m

Longitud **L:** 8 m

El nivel de **H:** 2 m

Para realizar los cálculos y la simulación se utiliza un programa en línea el cual permite determinar la disposición y cantidad de agua que se tiene en el reservorio para el proceso de regadío como se observa en la figura 3-8.

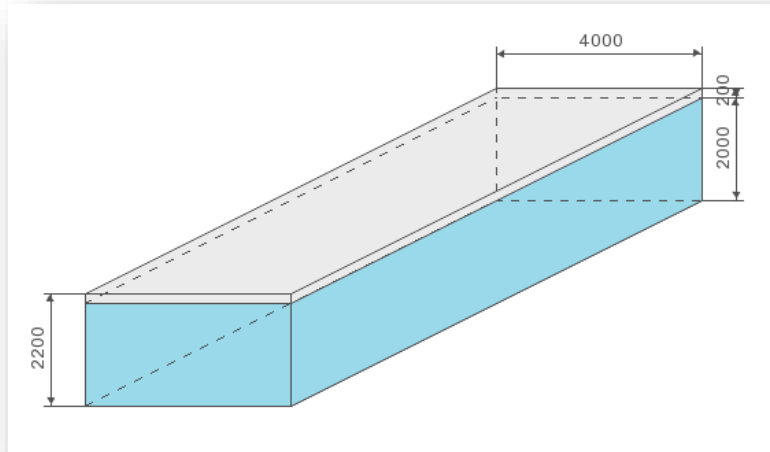


Figura 3-8: Medidas del Reservorio
 Fuente: <http://www.zhitov.ru/es/tank3/>

Entonces tenemos los siguientes resultados:

Capacidad del tanque: 70.4 m³ o 70400 litros

Cantidad de líquido: 64 m³ o 64000 litros

Volumen libre: 6.4 m³ o 6400 litros

También:

Cuadrado inferior: 32 m²

Área superficial lateral: 52,8 m²

Capacidad de área total: 116,8 m²

Pese a tener este reservorio le es insuficiente para poder mantener su producción especialmente en la época de sequía donde se hace necesario con más énfasis el uso de agua de riego.

Además se ha determinado, mediante la observación en la propiedad se tenía un sistema de riego pero no existía un sistema de control automático para el bombeo de agua como se puede observar en la tabla 3-1, solamente el actuador que consume electricidad es la bomba de ¾ hp.

Tabla 3-1: Materiales del sistema de riego

Sistema de riego		Tanque de almacenamiento	Bomba utilizada
Cantidad	Detalle	Detalle	Detalle
6 m	Manguera anillada de 1 1/2"	Largo: 8 m	Bomba: Paolo de ¾ hp Alimentación: 110 V
1	Válvula de pie de 1 1/2"	Ancho: 4 m	
4	Abrazadera 1 1/2" 506	Profundidad: 2,25 m	

4	Adaptador flex 1 1/2"
2	Neplo 1 1/2"
1	Universal roscable de 1 1/2"
1	Tee roscada 1 1/2"
1	Bushing 1 1/2" , 3/4"
1	Neplo 3/4"
2	Válvula roja de 3/4"
1	Adaptador flex 3/4"
1	Tee 50mm
3	Adaptador m 50mm x 1 1/2"
2	Adaptador h 50mm x 1 1/2"
1	Universal de 50mm
1	Válvula roja de 1 1/2"
1	Filtro italiano de 1 1/2" malla
2	Codo pvc de 50mm
1	Tubo de 50mm x 0,8 mpa (2m)
110	Manguera de 1 1/2" 60 psi
1080	Manguera de 16mm
40	Conectores de 16mm anillo
1450	Goteros de 4 l/h
2	Tapas h de 1 1/2" rosca
6	Manguera bicapa de 3/4"
1	Montura de 50mm x 3/4"

Fuente: Suárez R. (2015)

3.2 Caracterización y medición del sistema de suministro eléctrico

3.2.1 Mediciones realizadas durante el periodo

Se debe indicar que en la Microempresa Rocío no se contaba con ningún circuito de potencia para la activación de la bomba, simplemente tenía una conexión directa de la fuente y un switch de activación para el On/Off.

Debido a que la empresa eléctrica recomendó realizar un circuito de potencia antes de dejar instalando el analizador de carga, por lo tanto se realizó la implementación del mismo por motivos de seguridad detallado en la figura 3-9.

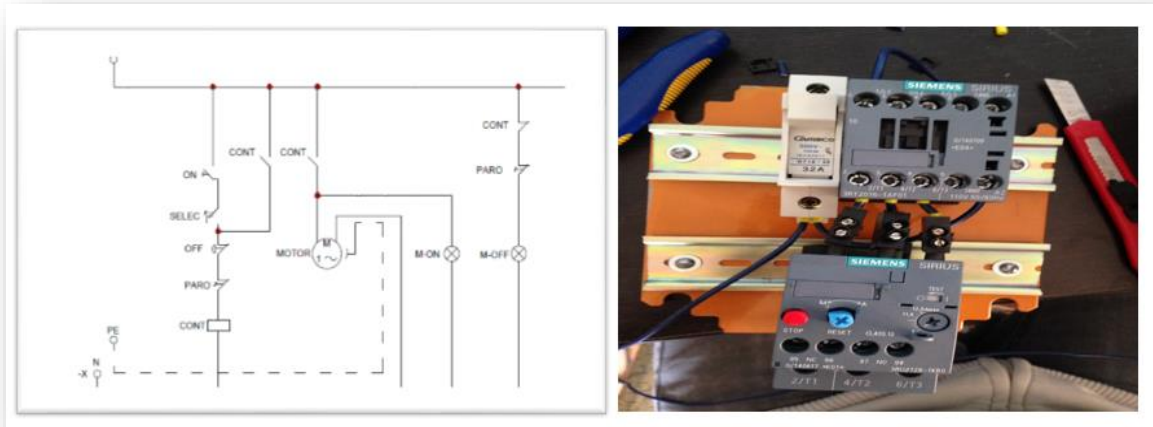


Figura 3-9: Circuito básico para la activación de la bomba
Fuente: Suárez R. (2015)

Este diagrama se lo realizó en el programa Cade_Simu, software que nos permite diseñar un circuito de potencia para poder activar la bomba.

3.2.2 *Medición de las variables eléctricas con el analizador Tipo 3945-B*

Caracterización del sistema de suministro eléctrico

Para la investigación se considerará lo siguiente:

Calidad de energía

El consumo de energía eléctrica crece en la actualidad de forma considerable debido al desarrollo de nuevas tecnologías que están transformando la sociedad, en general lo que aumenta continuamente la productividad. Históricamente este desarrollo tecnológico va ligado a la utilización de la energía eléctrica, siendo cada vez más alto el porcentaje de uso del consumo de energía. Por lo cual se busca optimizar el buen funcionamiento y uso adecuado de este suministro para actividades productivas.

El estándar IEEE 1159-1995 define la calidad de la energía como una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica, se observa en la figura 3-10.



Figura 3-10: Analizador de carga
Fuente: Suárez R. (2015)

Ahora:

Las mediciones obtenidas con un analizador de carga, permitirán registrar los parámetros eléctricos que están involucrados en el funcionamiento de una bomba. El equipo fue instalado por personal de la empresa eléctrica desde el 13 de agosto hasta el 20 de agosto del 2015 como se detalla en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Monitoreo del sistema, con un analizador tipo 3945

Día de inicio	Hora de inicio	Día de Finalización	Hora de Finalización
13/8/2015	10:40:00	20/8/2015	10:20:00
Tipo de Conexión:		Monofásico	

Fuente: Suárez R. (2015)

Régimen de medición 4 horas por día

A continuación se muestran las mediciones efectuadas de la frecuencia vs tiempo del **19 de agosto del 2015**. El Anexo H, contiene las mediciones de todos los 7 días que registró el equipo.

Medición de la frecuencia

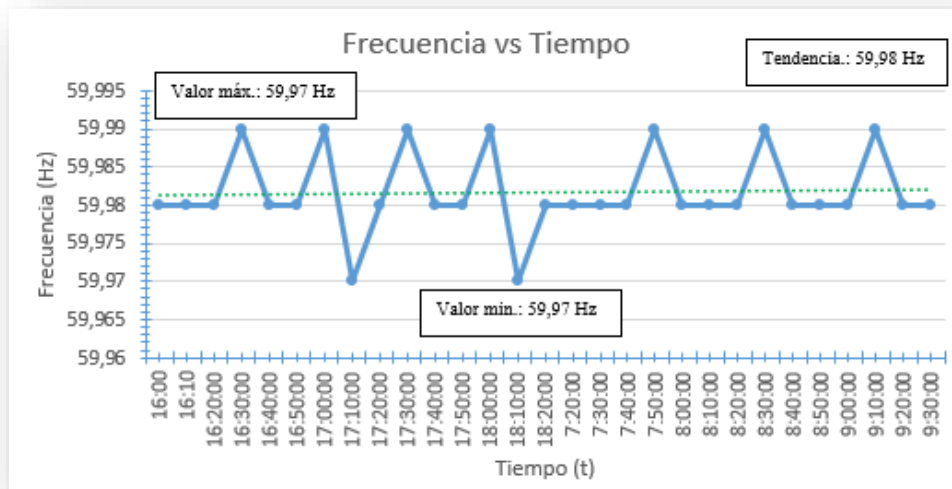


Figura 3-11: Frecuencia vs Tiempo
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-11 se determina que la frecuencia oscila entre 59,99 Hz como máximo y 59,97 Hz en su nivel mínimo al momento de entrar en funcionamiento la bomba. Si se determina el margen de error será del 0,02 Hz lo cual es aceptable ya que la frecuencia con la que se trabaja a nivel de Ecuador es de 60 Hz.

Medición voltaje en la línea L1

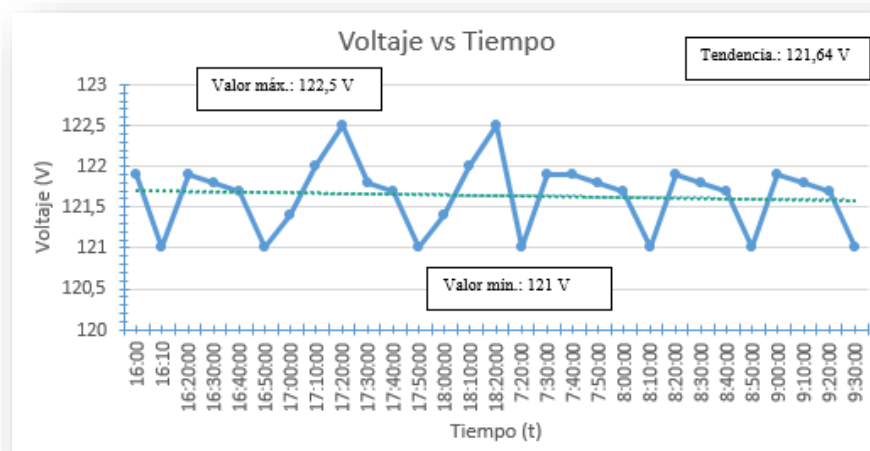


Figura 3-12: Voltaje L1
Fuente: Suárez R. (2015)

Considerando que la bomba es monofásica se determina que funcionará con una alimentación de 120 V, observando la tendencia notamos que su pico más alto fue de 122,5 V y su nivel bajo fue de 121 V determinando un error de 1,5 V valor que no crea ningún inconveniente para el funcionamiento del equipo como se observa en la figura 3-12.

Medición Armónico total de voltaje V1 THD_v %

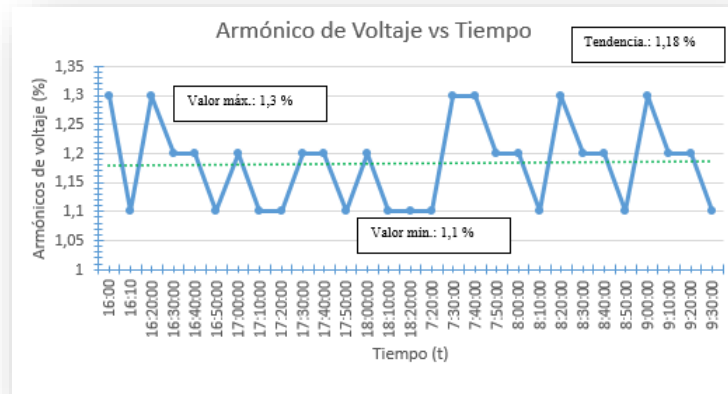


Figura 3-13: Total V1 THD %
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-13 indica que el nivel de armónicos de voltaje es de 1,3 % como valor máximo y el valor mínimo es de 1,1 % considerando la Regulación del CONELEC 004/01 el nivel de tolerancia es del 8 % determinando así que no se tiene ningún problema al respecto.

Medición corriente en A1 en rms para la línea L1

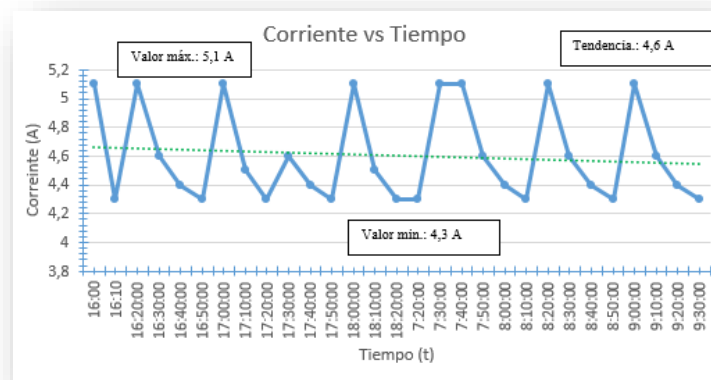


Figura 3-14: Corriente L1
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-14 se observa el comportamiento de la corriente L1, donde el pico más alto es de 5,1 A y el más bajo es de 4,3 A, teniendo un error de 0,8 A denotando así un comportamiento normal en el sistema.

Medición corriente en A1 para el total de distorsión armónica de corriente (THDi) en % para la línea L1

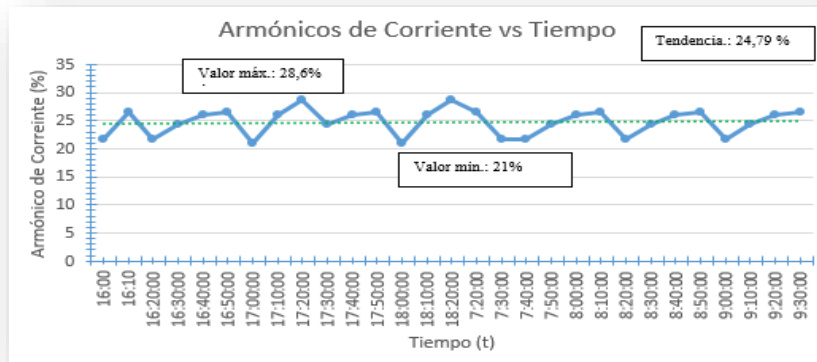


Figura 3-15: Corriente armónica

Fuente: Suárez R. (2015)

El nivel de armónicos de corriente detallado en la figura 3-15 es de 28,6 % como valor máximo y el valor mínimo es de 21 % considerando la Regulación del CONELEC 004/01 el nivel de tolerancia es del 8 % determinando así que no se tiene ningún problema al respecto.

Medición de la Potencia W

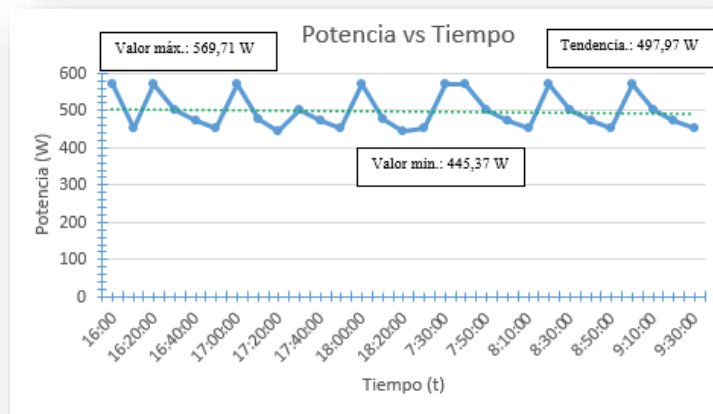


Figura 3-16: Potencia activa

Fuente: Suárez R. (2015)

El consumo total de potencia activa consumida por el sistema es de 14441,27 W, con un periodo de consumo de 4 horas diarias detallada en la figura 3-16.

Medición de la Energía Wh

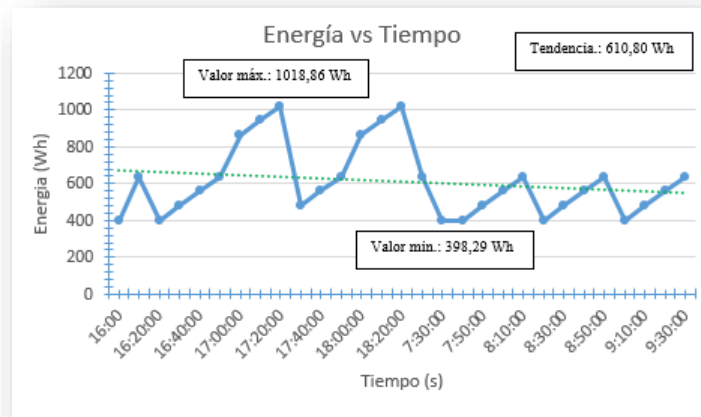


Figura 3-17: Consumo de energía

Fuente: Suárez R. (2015)

El consumo total de energía consumida por el sistema es de 17713,29 Wh, determinado en un periodo de funcionamiento de 4 horas diarias como se detalla en la figura 3-17.

Medición del factor de potencia

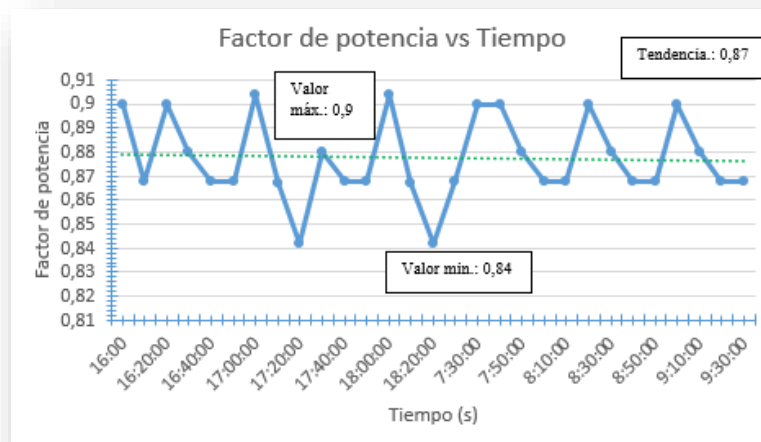


Figura 3-18: Factor de potencia

Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 3-18 el valor del factor de potencia fluctúa de manera adecuada en el funcionamiento de la bomba es decir 96,66% de efectividad.

Resumen de los datos medidos con el analizador de carga

Se recogen los valores medios para las mediciones efectuadas en el periodo del mes de Agosto como se detalla en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Resumen de parámetros medidos

Medición	Frecuencia (Hz)	Corriente (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Factor de potencia
Valores medios	59,98	4,6	121,63	500,92	0,87

Fuente: Suárez R. (2015)

Para analizar el consumo de energía se tienen diferentes regímenes de trabajo.

- Primer régimen Bombeo de agua 2 horas en la mañana y dos horas en la tarde
- Segundo régimen Bombeo de agua 1 hora en la mañana y 1 hora en la tarde

Costos según el régimen de uso del sistema de riego.

Se determina el consumo de energía con la utilización de la siguiente formula:

$$E = P * t \quad \text{ecu. (3.2)}$$

Donde:

P= Potencia eléctrica (W)

t= tiempo (horas)

Obtenemos:

Tabla 3-4: Energía y costo

Muestra 19/08/2015			Energía			Régimen de consumo	
Horas	Potencia (W)	Consumo (Wh)	kWh/día	kWh/mes	kWh/año	Régimen 2 veces(4horas)/mes	Régimen 1 vez(2horas)/mes
16:00:00	569,49	3587,82	3,59	107,63	1291,62	38,75	19,37
16:10:00	452,46		Costo/día	Costo/mes	Costo/año	Régimen 2 veces(4horas)/año	Régimen 1 vez(2horas)/año
16:20:00	569,49		0,32	9,69	116,25	464,98	232,49
16:30:00	503,22						
16:40:00	470,99						
16:50:00	452,46						
17:00:00	569,71						

Fuente: Suárez R. (2015)

En la tabla 3-4 se toma como referencia esta muestra de funcionamiento del sistema de bombeo se determina que al utilizar el primer régimen se pagará anualmente un valor de 464,98 \$ y utilizando el segundo régimen da un total de 232, 49 \$.

La determinación del consumo de agua se efectuó para diferentes tiempos de bombeo diario expresado en la tabla 3-5.

- Primer régimen para dos horas
- Segundo régimen para cuatro horas

Tabla 3-5: Consumo de agua

Capacidad del tanque (lt)	Goteros	Cada gotero lt/h	Consumo Agua 2 horas (lt)	Consumo Agua 4 horas(lt)
64.000	200	4		
			1.600	3.200
			Régimen 1 vez(2horas)/mes	Régimen 2 veces(4horas)/mes
			48.000	96.000
			Régimen 1 vez(2horas)/anual	Régimen 2 veces(4horas)/anual
			576.000	1'152.000
		Disponibilidad	Si	No

Fuente: Suárez R. (2015)

Considerando el primer régimen de riego determinamos que si no se tiene recargas para el tanque reservorio solamente tendremos agua suficiente para regar un mes ya que el consumo en este régimen necesita de 48.000 lt. Y para el segundo régimen tendríamos un déficit de agua 32.000 lt en caso de no contar con agua.

Podemos decir que cada 8 días se realiza una recarga al tanque reservorio cabe indicar en condiciones ideales. Ya que en ciertas ocasiones por problemas en el canal se ve en la necesidad de contar con este suministro puesto que ciertos tramos del canal aún son de tierra y al existir precipitaciones fuertes hay una alta probabilidad de derrumbes.

Nota: El análisis antes detallado se la realizo para una extensión de terreno de 250 m².

CAPITULO IV

4 PROPUESTA

4.1 Datos Informativos

4.1.1 Título de la propuesta:

Diseño de un sistema de riego automatizado energéticamente eficiente en la Microempresa Rocío ubicado en el cantón Ambato periodo 2015.

4.1.2 Beneficiarios:

Beneficiario directo: Microempresa Rocío.

4.1.3 Equipo Técnico Responsable

Tutor: Ing. Msc. PhD. Gonzalez Palau Iliana

Investigador: Suárez Rommel

Colaboradores: Tnlg. Cristhian Chaglla, Tnlg. Juan Chaglla.

4.2 Antecedentes de la Propuesta

La tecnología en el Ecuador, en los últimos años ha evolucionado de acuerdo a las necesidades, contribuyendo al desarrollo de diferentes industrias en el país el mismo que impulsa al mejoramiento constante de nuevos sistemas automatizados de procesos o máquinas.

En la Microempresa Rocío no ha invertido en equipos con un mejor nivel tecnológico, desde hace mucho tiempo el proceso de bombeo de agua se la ha llevado con un manejo informal (empírico), y la dosificación del agua estaba alrededor del criterio del agricultor y como es costumbre se piensa que mientras más mojado (húmedo) se encuentre el terreno es mucho mejor para un cultivo como se muestra en la figura 4-1.

Pese a que se han instalado sistemas de riego en esta propiedad, como es el goteo aún se evidencia que al no dosificar adecuadamente el agua de riego en muchas ocasiones se quedan sin este importante recurso para sus cultivos, generando de esta manera pérdidas económicas ya que los sembríos se deterioran aumentan las plagas, enfermedades y por consiguiente las plantas dejan de producir y mueren.

También el clima es un factor preponderante en este sector ya que no existen muchas precipitaciones habitualmente, la mayoría del tiempo esta soleado y eso hace que sea necesario el regadío de agua de manera constante por lo tanto si realizamos un sistema de control automático para el sistema de riego que está instalado podremos mejorar la dosificación del agua de una manera eficiente. Puesto que al encender por extensos periodos de tiempo la bomba también se ven afectados con el consumo de la energía (altos costos), y como nuestra investigación pretende controlar este despilfarro de energía que se utiliza en el sistema de riego ya que al controlar parámetros de este sistema podremos encender y apagar la bomba solamente si cumple con las condiciones de activas es decir cuando sea necesario el bombeo de agua para el cultivo.



Figura 4-4-1: Suelo sobresaturado de agua

Fuente: <http://www.indap.gob.cl/noticia/socaire-resiste-y-se-levanta-ante-el-violento-embate-de-intensas-y-constantas-lluvias>

La automatización nos permitirá facilitar la vida al agricultor, además conseguir un sistema que sea eficientemente energético con la ayuda de la tecnología.

4.3 Justificación de la Propuesta

La Microempresa Rocío se dedica a la producción de varios cultivos como: rábano, papanabo, cilantro, perejil, tomate riñón, pimiento, ají, frutales, etc. En años anteriores existía invernaderos en esta área para mejorar los cultivos antes mencionados, pero existe un problema que se ha mantenido desde el inicio de esta Microempresa el cual es no contar con la suficiente agua para distribuir en sus cultivos.

Se han instalado diferentes sistemas de riego en este transcurso del tiempo como: aspersión, goteo y nebulización, el objetivo siempre ha sido poder prevenir el desperdicio de agua pero aún no lo han conseguido.

Todo el sistema es netamente manual, en tiempos anteriores se hacía el uso de bombas que utilizan carburante (gasolina), para poder accionar su sistema de riego. Lo cual resulta costoso si se debe accionar por varias horas. Al instalar la energía eléctrica en la propiedad se cambió de equipo (bomba) para disminuir costos. Pese a tener un sistema de riego y una bomba eléctrica aun los costos de producción son altos, esto se debe a que no se cuenta con un sistema de monitoreo y control para un sistema de riego eficientemente energético.

La automatización en procesos de producción nos ayudará a controlar parámetros como: la humedad ambiente, humedad del suelo, temperatura, nivel de agua, entradas y la activación y desactivación de los actuadores como: electroválvulas, bomba de agua.

Al existir parámetros de entrada (sensores) y salida (actuadores) en un proceso existe la necesidad de incorporar un equipo (Plc, Logo) el cual ayudará a controlar de manera lógica el proceso o sistema. Este equipo es el encargado de gestionar de manera eficiente la activación y desactivación de equipos.

Si diseñamos un sistema automatizado para el riego en la Microempresa Rocío podremos mejorar la producción sin tener que consumir muchos recursos como: agua y energía eléctrica puesto que funcionará bajo condiciones y restricciones. Es importante recalcar que la automatización ayudará al agricultor, puesto que al implementar este sistema logrará tener una eficiencia en el manejo de sus recursos ya que se realizará un análisis de niveles de humedad adecuados para el suelo, y por ende al tener esa información solo bajo condiciones específicas se activará la bomba de agua. Obteniendo de esta manera un sistema confiable que brindará una ayuda muy importante al agricultor ya que mejorará su productividad y nivel económico puesto que reducirá sus costos y optimizará recursos.

4.4 Objetivos de la Propuesta

4.4.1 Objetivo General

- Diseñar de un sistema de riego automatizado energéticamente eficiente para la Microempresa Rocío.

4.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros de diseño para un sistema de riego automatizado.
- Implementar un prototipo para un sistema de riego automático utilizando tecnología actual.

4.5 Estructura de la propuesta

La estructura de la propuesta se ha planteado de la siguiente manera:

- Se utilizará los resultados obtenidos en capítulos anteriores para con ellos seleccionar los componentes para hacer un adecuado control del sistema.
- Se realizará el diseño de circuitos para la adquisición de datos, circuitos de potencia, diagramas de programación con la utilización de software para realizar la simulación respectiva.
- Al final se hará un análisis económico para validar la factibilidad de la propuesta.

4.6 Desarrollo de la propuesta

En base al análisis se determina los parámetros de diseño para el funcionamiento de un sistema automático del riego.

- Bomba para el suministro de agua de riego de $\frac{3}{4}$ hp.
- Electroválvulas de 24 V AC/DC
- Sensor de nivel para verificar la disponibilidad de agua en el tanque reservorio.
- Sensor de ambiente para obtener temperatura y humedad.
- Sensor de humedad (tensiómetro) para conocer los valores de humedad en el interior del suelo.
- Acondicionador de señales analógicas a señales digitales.
- Controlador lógico programable 4 entradas 8 salidas para activar y desactivar el sistema.
- Sistema de comunicación para verificar el comportamiento de las variables (Sistema bluetooth).
- Gestión de archivos, almacenamiento de datos (tarjeta micro)
- Utilización de aplicaciones Android para visualizar información de monitoreo con un teléfono inteligente (Smartphone)

Caracterización de los elementos que se encuentran en el sistema de riego

Sistema Hidráulico

Bomba

El autor (Gomez M. , 2015) Indica que: una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve (el fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos). Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Al realizar el diagnóstico uno de los elementos que se encontraban en el sistema de riego es una bomba de marca Paolo y para comprender su funcionamiento se considera la siguiente especificación técnica descrita en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Bomba eléctrica de agua Paolo

	Electric Water Pump PAOLO
	
Datos Técnicos	
Potencia	¾ hp
Voltaje	110/220 V
Frecuencia	60 Hz
Corriente	8/4 A.
RPM	3450

Max. H.	15 m
Max. Capacidad	170 lpm
Out let/In let	1 ½ “ * 1 ½ “

Fuente: ferreteriaindustrialleon.com

Se determina que la tubería que utiliza esta bomba tanto a la entrada como a la salida es de 1 ½ “que es equivalente a 0,038 m de diámetro.

Entonces se utiliza la ecuación 4.1 para determinar el caudal:

$$Q=V*s \quad \text{ecu. (4.1)}$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

s: superficie (m²)

Además se utiliza la ecuación 4.2 para determinar la superficie:

$$s=pi*r^2 \quad \text{ecu. (4.2)}$$

r: radio de la tubería

r²=0,038 m² y obtenemos: s= 0,12 m²

Y si consideramos la ecuación 4.3 para determinar la velocidad:

$$V= d/t \quad \text{ecu. (4.3)}$$

Sabiendo que:

V: velocidad (m/s)

d: distancia (m)

t: tiempo (s)

V= 0,023 m * 1 s

V= 0,023 m/s

Por lo tanto el caudal sería de 0,00276 m³/s también 9,36 m³/h equivalente a 2,76 lt/s y 165,6 lt/min

Tubería

Según (Definición.de, 2015), del latín tubus, un tubo es una pieza hueca que suele tener forma cilíndrica y que, por lo general, se encuentra abierta por ambos extremos. La unión de múltiples tubos permite crear una tubería, un conducto que permite el transporte de agua u otro líquido

Con los cálculos obtenidos lo mejor es utilizar una tubería de 1 ½ “a 2“ya que nuestro rango de flujo de líquido es de $Q_w = 9,36 \text{ m}^3/\text{h}$, ya que soportará el transporte del agua desde el tanque reservorio hacia el terreno. Considerando la información que se indica en la tabla 4-2 se determina el uso de la tubería antes mencionada.

Tabla 4-2: Caudal de circulación

CAUDAL DE CIRCULACIÓN Q(m³/h) tubería ASTM schedule estándar		www.comeval.es Tel: 902 444 006																
DN	DN	v(m/s)	1,25	1,5	1,75	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	Coefficiente Caudal/Área	
3/8"	10		0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,34	1,79	2,24	4,47	6,71	8,95	11,19	13,43	15,66	17,90	0,45
1/2"	15		0,71	0,88	1,06	1,24	1,41	2,12	2,82	3,53	7,06	10,59	14,12	17,65	21,18	24,70	28,23	0,71
3/4"	20		1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	3,72	4,95	6,19	12,39	18,58	24,77	30,97	37,16	43,35	49,54	1,24
1"	25		2,01	2,51	3,01	3,51	4,01	6,02	8,03	10,03	20,07	30,10	40,13	50,17	60,20	70,23	80,26	2,01
1-1/4"	32		3,47	4,34	5,21	6,08	6,94	10,41	13,89	17,36	34,72	52,07	69,43	86,79	104,1	121,5	138,9	3,47
1-1/2"	40		4,73	5,91	7,09	8,28	9,46	14,19	18,92	23,65	47,30	70,95	94,60	118,2	141,9	165,5	189,2	4,73
2"	50		7,80	9,75	11,69	13,64	15,59	23,39	31,18	38,98	77,96	116,9	155,9	194,9	233,9	272,9	311,8	7,80
2-1/2"	65		11,12	13,90	16,68	19,46	22,24	33,36	44,48	55,60	111,2	166,8	222,4	278,0	333,6	389,2	444,8	11,12
3"	80		17,17	21,46	25,75	30,04	34,33	51,50	68,67	85,83	171,7	257,6	343,5	429,2	515,0	600,8	686,7	17,17
4"	100		29,57	36,96	44,35	51,74	59,13	88,70	118,3	147,8	295,7	443,5	591,3	739,2	887,0	1034,8	1182,7	29,57
5"	125		46,47	58,09	69,70	81,32	92,94	139,4	185,9	232,3	464,7	697,0	929,4	1161,7	1394,1	1626,4	1858,8	46,47
6"	150		67,13	83,91	100,7	117,5	134,3	201,4	268,5	335,6	671,3	1006,9	1342,5	1678,1	2013,8	2349,4	2685,0	67,13
8"	200		116,2	145,3	174,3	203,4	232,4	348,7	464,9	581,1	1162,2	1743,3	2324,4	2905,4	3486,5	4067,6	4648,7	116,2
10"	250		183,1	228,9	274,7	320,5	366,3	549,4	732,6	915,7	1831,5	2747,2	3663,0	4578,7	5494,5	6410,2	7325,9	183,1
12"	300		262,7	328,4	394,1	459,8	525,5	788,2	1051,0	1313,7	2627,5	3941,2	5254,9	6568,7	7882,4	9196,1	10509,9	262,7
14"	350		329,2	409,3	489,4	569,5	649,6	969,7	1289,8	1609,9	3202,3	4803,5	6404,7	8005,8	9607,0	11208,2	12809,3	329,2
16"	400		424,2	530,3	636,3	742,4	848,4	1272,6	1696,8	2121,0	4242,1	6363,1	8484,1	10605,2	12726,2	14847,3	16968,3	424,2
18"	450		543,8	679,7	815,6	951,5	1087,5	1631,3	2175,1	2718,8	5437,7	8156,6	10875,5	13594,4	16313,3	19032,2	21751,1	543,8
20"	500		675,9	844,9	1013,9	1182,9	1351,9	2027,8	2703,7	3379,7	6759,3	10139,0	13518,7	16898,4	20278,0	23657,7	27037,4	675,9
24"	600		986,0	1232,5	1479,1	1725,6	1972,1	2958,1	3944,1	4930,2	9860,3	14790,5	19720,7	24650,9	29581,0	34511,2	39441,4	986,0
26"	650		1163,0	1453,7	1744,5	2035,2	2325,9	3488,9	4651,9	5814,9	11629,7	17444,6	23259,5	29074,4	34889,2	40704,1	46519,0	1163,0
28"	700		1354,5	1693,1	2031,8	2370,4	2709,0	4063,5	5418,0	6772,5	13545,1	20317,6	27090,1	33862,7	40635,2	47407,7	54180,3	1354,5
30"	750		1560,6	1950,8	2341,0	2731,1	3121,3	4681,9	6242,5	7803,2	15606,3	23409,5	31212,7	39015,8	46819,0	54622,2	62425,3	1560,6
32"	800		1781,4	2226,7	2672,0	3117,4	3562,7	5344,1	7125,4	8906,8	17813,5	26720,3	35627,1	44533,8	53440,6	62347,3	71254,1	1781,4
34"	850		2016,7	2520,8	3025,0	3529,2	4033,3	6050,0	8066,7	10083,3	20166,7	30250,0	40333,3	50416,6	60500,0	70583,3	80666,6	2016,7
36"	900		2266,6	2832,2	3399,9	3966,6	4533,3	6799,7	9066,3	11332,9	22665,7	33998,6	45331,4	56664,3	67997,1	79330,0	90662,8	2266,6

Q(m³/h) = [Coeficiente] x [v (m/s)]
Ejemplo utilización: DN50, velocidad v=3m/s -> Caudal de circulación Q=23,39m³/h

Fuente: <http://www.comeval.es/pdf/tablas/Caudal%20de%20circulaci%C3%B3n%20en%20tuber%C3%ADas%20-%20COMEVAL.pdf>

Sistema eléctrico

Conductores eléctricos

En la normativa de (Conelec, 2010) Un conductor es un material capaz, a través de si, de conducir una corriente eléctrica.

Considerando los datos de la bomba vamos a calcular el calibre del conductor para así considerarlo en el diseño del circuito eléctrico.

$$P = \frac{3}{4} \text{ de hp} * 746 \text{ W/hp} = 559,5 \text{ W}$$

$$\text{Voltaje (V)} = 110 \text{ V}$$

Vamos a aplicar el siguiente procedimiento para calcular el calibre de los alimentadores principales con la ecuación 4.4.

Procedimiento.

- Se determina la carga total P.
- Se aplica la fórmula:

$$I = P / (V * 0,9) \quad \text{ecu. (4.4)}$$

En donde:

I: es la corriente que pasará por los conductores (A);

P: es la carga total (W);

V: es el voltaje que llega a la residencia por medio de la acometida (V)

0,9: es el factor de potencia el cual regularmente es del 90 % por la combinación de cargas resistivas e inductivas existentes en la instalación eléctrica.

- Con la I, se determina una Ic (corriente corregida) multiplicándola por un factor de demanda o factor de utilización (f.d.). En virtud de que el factor de demanda o utilización especificada en la Norma Oficial, varía mucho antes y después de los 3.000 Watts, puede utilizarse a cambio uno más acorde de 0,6 o 0,7 correspondiente al 60 % y 70 % respectivamente.

Para calcular la Corriente Corregida simplemente se multiplica la I por el f.d. es decir se utiliza la ecuación 4.5:

$$I_c = I(f.d.) \quad \text{ecu. (4.5)}$$

Si consideramos los datos antes mencionados la I= 5,64 A y aplicando el factor de utilización Ic=3,95 A.

Considerando la Ic= 3,95 A y aplicando la norma *American Wire Gauge Standard* (AWG) es recomendable utilizar el número 15 o 16 para nuestras instalaciones como se muestra en la tabla 4-3.


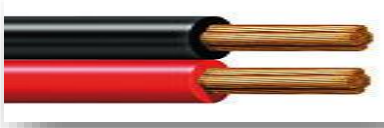
Tabla 4-3: Número de cable a utilizar

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2

Fuente: <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.php>

Características del conductor se detalla en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: AWG #15

		Conductor AWG #15
		
Datos Técnicos		
Calibre	#15	
Amperaje soportado	4,8 A	
Temperatura	60 °C	

Fuente: voltech.com.mx

Ahora si consideramos el conductor para el arranque de la bomba de agua necesitamos considerar lo siguiente:

$I = 8 \text{ A} * 3 = 24 \text{ A}$ con una alimentación de $V = 110 \text{ V}$. Se determina utilizar un calibre AWG #8 el cual soporta una tensión de 24 V.

Circuito de potencia

Para realizar el diseño del sistema de riego se hace necesario la utilización de circuitos de potencia los cuales permiten accionar: motores, válvulas, bombas según sea el caso como indica el diagrama de la figura 4-2.

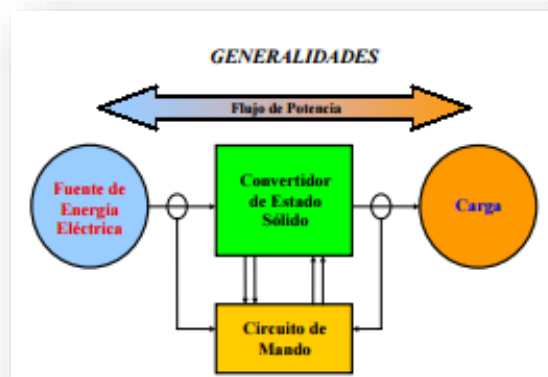


Figura 4-2: Esquema circuito de potencia
Fuente: http://www.gte.us/~leopoldo/Store/tsp_1.pdf

Para obtener la carga necesaria para la activación de un actuador es necesario que exista:

- Fuente de energía suministrada por la una empresa de distribución eléctrica.
- Convertidor que inter actúa con un circuito de mando
- Circuito de mando es una programación mediante condiciones de funcionamiento.

Con la utilización del software de Cade Simu permite realizar el diseño del circuito de potencia que se va a utilizar en el sistema y posteriormente en el prototipo detallado en la figura 4-3.

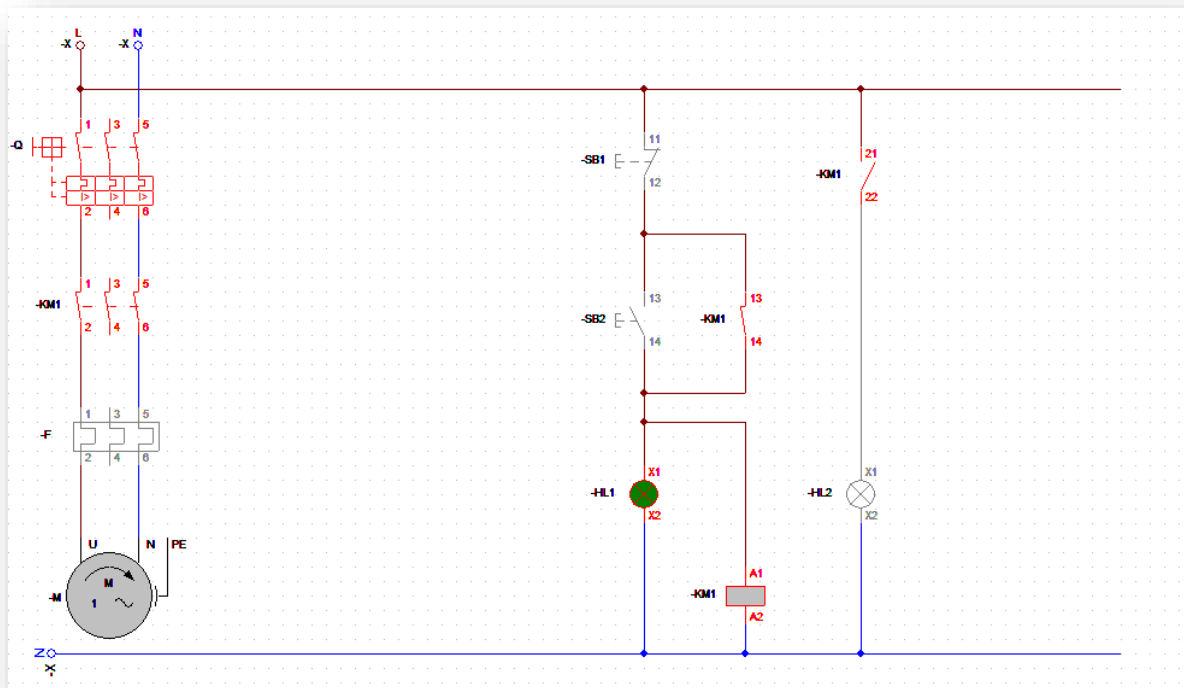


Figura 4-3: Circuito de Potencia

Fuente: Suárez R. (2015)

En el cual se puede determinar lo siguiente:

- Se ubica un fusible como protección para el circuito.
- Pulsador de emergencia para deshabilitar todo el circuito.
- Selector para poder seleccionar tanto el circuito manual como el circuito manual.
- Pulsadores normalmente abierto NA y normalmente cerrado NC para encendido y apagado de la bomba
- Luces piloto para indicar visualmente como se está activando el sistema.
- Uso de auxiliares (contactor y térmico) para realizar el On / Off de la bomba

Para realizar las pruebas respectivas del funcionamiento del circuito de potencia se ubicarán los siguientes elementos que se detallan en las tablas 4-5, 4-6:

Tabla 4-5: Contactor Siemens Sirius

Contactor Siemens 3RT2	
	
Datos Técnicos	
Terminales	Terminales de tornillo
Corriente de funcionamiento	12 A
Potencia nominal	3 kW
Voltaje	400 V AC
Tensión de la bobina	110 V AC
Contactos auxiliares	1NO & 1NC
Fuente de alimentación	110 V AC
Dimensiones	45 mm * 85 mm * 92 mm

Fuente: lcautomation.com

Tabla 4-6: Relé térmico Siemens Sirius

Relé Térmico Siemens Sirius	



Datos Técnicos	
Corriente del motor a plena carga	9 a 12,5 A
Configuración normal del estado	NA / NC
Corriente nominal de los contactos	12,5 A
Método de reinicio	Automático, Manual
Números de contactos auxiliares	2
Potencia nominal	7,5 kW
Temperatura de funcionamiento máxima	70 °C
Temperatura de funcionamiento mínima	-40 °C
Tensión nominal de los contactos	690 Vac
Tipo de terminal	Tornillo
Dimensiones	87 mm * 73 mm

Fuente: es.rs-online.com

Estos elementos permiten realizar la activación y desactivación de la bomba de una manera segura.

Además nos permite controlar el consumo al momento del arranque del motor evitando picos de corriente y por ende un aumento en el consumo de la bomba.

Electroválvula

Si se desea diseñar un sistema de riego automatizado es necesario considerar el uso de electroválvulas ya que para poder realizar su activación y desactivación de estos actuadores necesariamente se debe cambiar de tecnología es decir nuestra válvula que es de tipo manual debe ser cambiada por elementos

que aparte de actuar como válvula reaccionen a un estímulo de voltaje por lo tanto debe tener una bobina.

Al considerar un controlador lógico programable debemos entender que la salida de este bien tendrá como señal de activación será de 24 V, 110 V, 220 V.

Realizando una búsqueda de elementos para facilidad del propietario se determina que sería conveniente realizar una implementación de electroválvulas con una conexión de 24V por motivos de costo.

Las características de esta electroválvula se detallan en la tabla 4-7:

Tabla 4-7: Válvula NetafimAquaNetPlus

	Válvula NETAFIM AquaNetPlus
	
Datos Técnicos	
Vin	24AC/DC
Corriente	90 10 ⁻³ A
Protección	IP68

Fuente: netafim.ec

Vamos a determinar el consumo que tendría esta electroválvula utilizando la ecuación 4.6:

$$P=V*I \quad \text{ecu. (4.6)}$$

Donde:

$$V= 24 \text{ V}$$

$$I= 9*10^{-3} \text{ A}$$

Por lo tanto el consumo de esta electroválvula será de $P = 0,216 \text{ W}$

Nota: Los demás accesorios que se utilizaban anteriormente en el sistema de riego manual, se mantienen ya que no han presentado ninguna falla al momento de constatar algún desperfecto especialmente las fugas en los elementos.

Caracterización de las señales de entrada para el sistema de riego

Para poder realizar el diseño de un sistema automático es necesario

Condiciones

Para efectuar un adecuado control en el sistema automático se decide considerar las siguientes variables de control:

Humedad

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad del suelo es de vital importancia para actividades agrícolas ya que estos niveles de humedad determinan el momento del riego.

La aplicación de riego en el momento exacto y en la cantidad apropiada es fundamental para obtener un buen rendimiento de los cultivos. Puesto que el exceso de agua reduce el crecimiento al arrastrar los nitratos a una profundidad superior al alcance de las raíces de los cultivos.

Por otro lado la falta de agua es perjudicial para los cultivos, por lo que se debe controlar regularmente el nivel de humedad del suelo para determinar cuándo regar y que cantidad de agua se debe aplicar (Agroinfolima, 2015).

En la Microempresa Rocío no se ha llevado ningún control respecto a ese particular para poder precisar el comportamiento de la humedad en el suelo se toman las siguientes consideraciones:

Interpretación del sensor

Vamos a considerar las siguientes lecturas como una guía general:

- **0 a 10 Centibares** = Suelo saturado.
- **10 a 30 Centibares** = Suelo adecuadamente mojado (excepto a arenas gruesas, que están empezando a perder agua).
- **30 a 60 Centibares** = Rango usual para irrigación (mayoría de suelos).

- **60 a 100 Centibares** = Rango usual para irrigación en suelos pesados.
- **100 a 200 Centibares** = El suelo se está convirtiendo peligrosamente en seco para la producción máxima. Recomendación proceder con cautela

Mediante el uso de sensores en dos o más profundidades en el sistema de la raíz, puede determinar CUANTA agua aplicar. Si el sensor de baja profundidad muestra una rápido aumento de la lectura, pero el sensor de profundo muestra adecuada la humedad, puede ejecutar un ciclo de riego a corto ya que sólo necesita reponer el perfil bajo de la raíz. Si el sensor de profundo muestra también una condición seca, entonces un ciclo de riego más largo es necesario para re-mojar completamente toda la zona de la raíz. Las lecturas que tomen después de un evento de riego o lluvia le mostrará exactamente cómo efectivo fue la aplicación de agua.

Considerando esta información se procede a instalar un sensor de humedad de tipo analógico de la marca WATERMARK figura 4-4, para verificar el comportamiento de la humedad en la propiedad conociendo de ante mano que el suelo franco arenoso con alto contenido orgánico.



Figura 4-4: Tensiómetro Watermark analógico
Fuente: Suárez R.

Para poder instalar este tensiómetro verificamos la profundidad adecuado según el tipo de cultivo en esta investigación se toma en consideración cultivos de ciclo corto tales como: cilantro, rábano y papanabo detallado en la figura 4-5.

IRROMETER LONGITUDES Y PROFUNDIDADES EN EL SUELO

La siguiente información esta basada para suelos profundos y bien drenados. Es conveniente instalar los instrumentos más inclinados o a menor profundidad en suelos delgados o más ligeros. Con riego por goteo y para cultivos con raíces profundas se recomienda 30, 60 y 90 cm de profundidad.

	Instrumento Superficial (centimeters)	Instrumento Profundo (centimeters)	Tercer Instrumento Si Se Usa (centimeters)		Instrumento Superficial (centimeters)	Instrumento Profundo (centimeters)	Tercer Instrumento Si Se Usa (centimeters)
FRUTICULTURA				CULTIVOS de HILERA			
Almendra	60	120	180	Ajo	30	60	
Manzana	50	100	150	Lechuga	30		
Chavacano (Albaricoque)	60	120	180	Quingombó	45	90	
Aguacate/Palta	30	60	90	Cebolla	30		
Banana/Plátano	30	60		Chiriviá	45	90	
Cereza	60	120	150-180	Chicharos/Guisante	45	90	
Naranja/Limón y Toronja	45	90		Chile/Pimienta	40	75	
Palmera Datilera	60	120	150	Piña	40	75	
Uva	60	120	150	Papas	20	45	
Higo	45	90		Calabaza Común	45	90	120
Kiwi	45	90	120	Rábano	30		
Macadamia	30	60	90	Espinaca	30	60	
Acetuna	60	120	150	Calabacitas	40	75	
Papaya/Lechosa	30	60		Tomates	45	90	
Nuez	45	90	120	Nabo	45	90	
Durazno	45	90	150	Clavel	30 (10-15 cm PROFUNDO)		
				Crisantemo	30 (10-15 cm PROFUNDO)		

Figura 4-5: Profundidad para sensor de humedad

Fuente: <http://www.irrometer.com/basicssp.html>

Al tomar en consideración estos aspectos se realiza el seguimiento respectivo para especificar el comportamiento de la humedad del suelo en la Microempresa Rocío detallada en la figura 4-6.

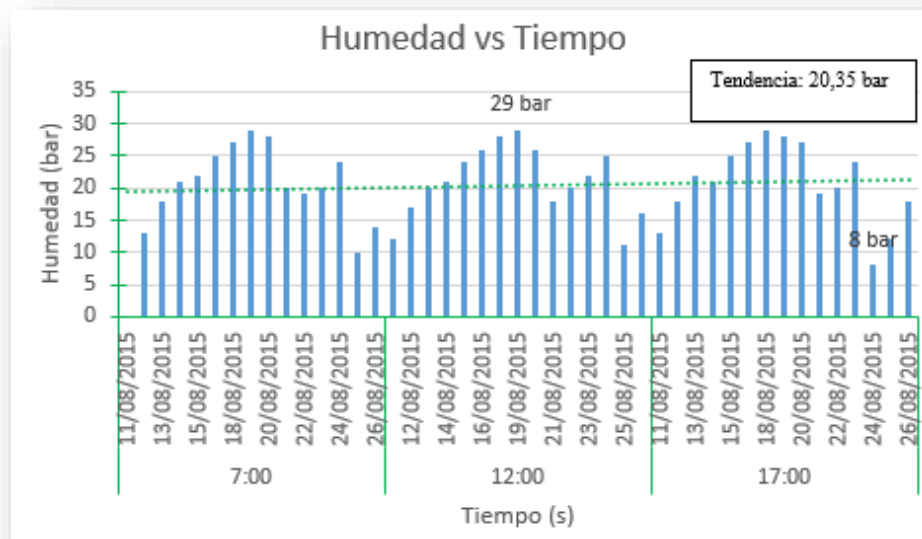


Figura 4-6: Representación de la humedad.


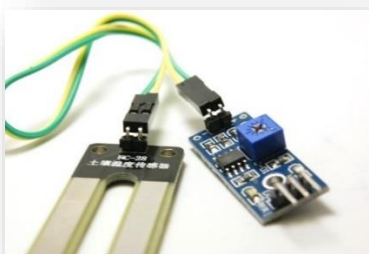
Fuente: Suárez R. (2015)

Se realiza la recolección de información con la ayuda de un tensiómetro que fue ubicado a 0,3 m para el cultivo de rábano. Se realiza esta acción utilizando un registro en Excel, cabe indicar que las lecturas se las realizaba a las 7h00 am, 12h00 am y 17h00 pm. Se ha determinado que al llegar al valor de 29 y 30 bar se deben realizar la activación del sistema de riego y también se recomienda regar por un periodo de una hora con el objetivo de mantener el suelo adecuadamente mojado.

Como notamos en la figura 4-6 en algunas ocasiones la humedad disminuyo debido a la presencia de precipitaciones en el lugar y esto a su vez provocaba un aumento en la humedad del suelo.

Para realizar nuestro diseño se considera el siguiente sensor cuyas características se encuentran en la tabla 4-8:

Tabla 4-8: Modulo HL-69 Sensor de humedad de suelo

		Módulo HL-69
		
Datos Técnicos		
Calibración	Estable probada	
Rango de medición	Analógico : 0: Suelo seco 1023: Máxima humedad Digital : 0: Ausencia de humedad 1: Humedad	
Características adicionales	No se disuelve en el suelo	
	No se ve afectado por las temperaturas bajo 0	
	Compensado interno para los niveles de salinidad que comúnmente se encuentran	
	Compatible con los dispositivos de lectura de CA o CC	
Alimentación	5 V	

Fuente: <http://panamahitek.com/modulo-hl-69-un-sensor-de-humedad-de-suelo/>

Puesto que se va a utilizar un controlador para la activación del sistema de riego se hace necesario digitalizar la señal para poder programar.

Temperatura

En la investigación (Meteorológicas, 2015) De acuerdo a los datos registrados en cada una de las localidades de la región Interandina de las temperaturas extremas que se dieron y que han sido registradas se observa que la máxima temperatura absoluta en la ciudad de Ambato es de 26 °C y una mínima de 7 °C como podemos observar en la figura 4-7.

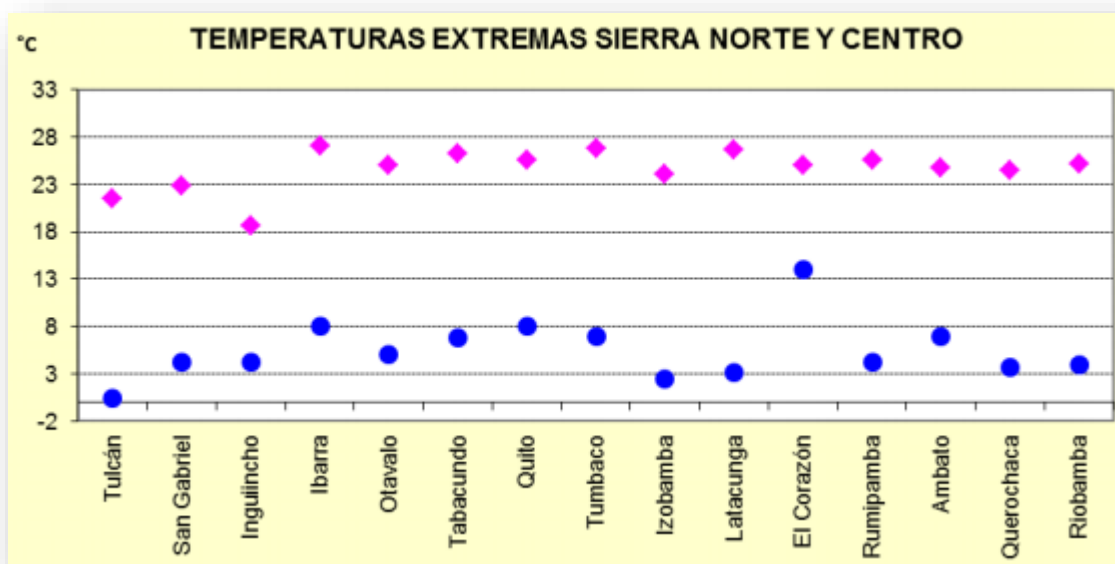


Figura 4-7: Comportamiento de la temperatura según el INAMHI

Fuente: http://186.42.174.231/meteorologia/boletines/bol_agr_sem.pdf

Además lo importante de esta información es que al existir altas y bajas temperaturas en nuestra área de estudio existe una gran posibilidad de tener problemas con los cultivos. Ya que el exceso de calor hace que nuestra humedad tienda a disminuir y a su vez al tener bajas temperaturas se corre el riesgo de tener heladas en los cultivos.

Al tener una variabilidad en los cambios de temperatura también las precipitaciones o lluvias registradas en las estaciones meteorológicas de esta región nos indica en la figura 4-8 que ha existido una disminución en relación a la normal en un 68 % de las localidades provocando anomalías.

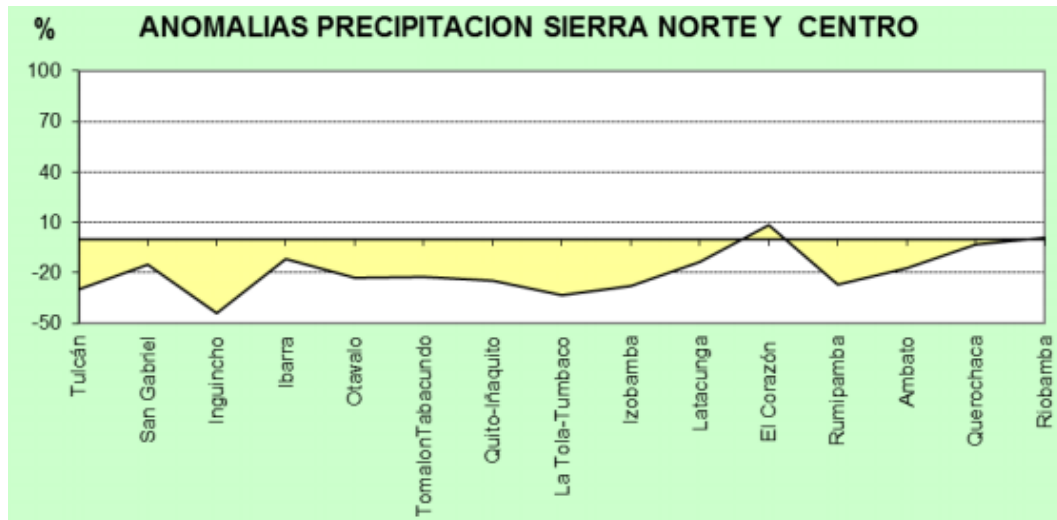


Figura 4-8: Precipitaciones según INAMHI
Fuente: http://186.42.174.231/meteorologia/boletines/bol_agr_sem.pdf

En nuestro caso de estudio notamos que tenemos un declive en las precipitaciones es decir el aporte de lluvias ha sido menor disminuyendo así la humedad ambiental que aporta al desarrollo de cultivos agrícolas. Con estos antecedentes se considera que esta variable se debe tomar en consideración para el diseño de nuestro sistema determinando el siguiente sensor descrito en la tabla 4-9

Tabla 4-9: Termopar Tipo K

	Termopar Tipo K
	
Datos Técnicos	
Tipo	K
Intervalo de temperatura	0 a 400 °C (32 a 752 °F)
Diámetro de la rosca	8 mm
Interior de aislamiento	Fibra de vidrio
Blindaje externo	Metal shield
Longitud	2 m
Espacio terminal horquilla	3,5 mm
Peso neto	23 g

Fuente: piedemonte.pe

Nivel

Al haber indicado que la Microempresa Rocío había construido un tanque reservorio se considera un sensor que nos permita hacer una lectura en la cual nos determine si existe o no agua disponible siendo este un parámetro importante para el encendido y apagado de la bomba, puesto que al no existir agua bajo ninguna circunstancia el sistema debe funcionar. Por lo tanto se hace necesario vincular esta señal al diseño del sistema de riego. Para tener una descripción de este sensor se detalla en la tabla 4-10.

Tabla 4-10: Casco Controlador de nivel, KF- 06

	CAMSCO Regulador de Nivel
	
Datos Técnicos	
V máx	250 V
Corriente	10 A
Conexiones eléctricas: Negro y Azul→ Negro y Café→	Cerrado (arriba) – Abierto (abajo) Abierto (arriba) – Cerrado (abajo)

Fuente: camsco.com.tw

Caracterización de los elementos de control automático

Para realizar nuestro diseño es muy importante hacer un análisis para poder dimensionar cuales son los equipos adecuados que se deben instalar en el prototipo puesto que estos dispositivos son costosos y no sería adecuado adquirir equipos innecesarios.

Procesamiento de señales

Se debe realizar un acondicionamiento de las señales puesto que los sensores que pretendemos ubicar en el diseño generan señales analógicas.

Según el autor (Miyara, 2004) las señales analógicas son variables eléctricas que evolucionan en el tiempo en forma análoga a alguna variable física. Estas variables pueden presentarse en la forma de una corriente, una tensión o una carga eléctrica. Varían en forma continua entre un límite inferior y un límite superior. Cuando estos límites coinciden con los límites que admite un determinado dispositivo, se dice que la señal está normalizada. La ventaja de trabajar con señales normalizadas es que se aprovecha mejor la relación señal/ruido del dispositivo.

Lo que se pretende es realizar la conversión a señales digitales considerando la siguiente definición dada por el autor (Miyara, 2004) nos indica que son variables eléctricas con dos niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo transmitiendo información según un código previamente acordado. Cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: 0 ó 1, V o F, etc.

Los niveles específicos dependen del tipo de dispositivos utilizado. Por ejemplo:

Si se emplean componentes de la familia lógica TTL (transistor-transistor-logic) los niveles son 0 V y 5 V, aunque cualquier valor por debajo de 0,8 V es correctamente interpretado como un 0 y cualquier valor por encima de 2 V es interpretado como un 1 (los niveles de salida están por debajo de 0,4 V y por encima de 2,4 V respectivamente).



En el caso de la familia CMOS (Complementary metal-oxide-semiconductor), los valores dependen de la alimentación. Para alimentación de + 5 V, los valores ideales son también 0 V y 5 V, pero se reconoce un 0 hasta 2,25 V y un 1 a partir de 2,75 V.

Para la investigación se va a configurar la tarjeta Arduino UNO para realizar el procesamiento de las señales:

Arduino es una plataforma de hardware y software de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, en un entorno de desarrollo que está basado en el lenguaje de programación Processing. Es decir, una plataforma de código abierto para prototipos electrónicos. Al ser open source, tanto su diseño como su distribución, puede utilizarse libremente para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto sin necesidad de licencia (Amangandi, 2012).

En consecuencia las señales que se van a digitalizar serán obtenidas mediante la ubicación de los sensores de: humedad ambiente, humedad del suelo, temperatura y nivel. Una descripción técnica de la tarjeta la podemos encontrar en la tabla 4-11.

Tabla 4-11: Módulo ARDUINO UNO

		Módulo ARDUINO UNO
		
Datos Técnicos		
Pines (Digitales)	14 pines (de los cuales 6 proporcionan PWM)	
Pines (Analógicos)	6	
Microprocesador	ATmega328	
Dimensión	6,8 x 5,3 cm	
Corriente nominal	0,05 A	
Tensión de trabajo	7 o 12V	
Memoria Flash	32 KB	
RAM	2 KB	
EEPROM	1 KB	
Velocidad de reloj	16 Mhz	
Peso	25 g	

Fuente: arduino.cc

Al haber realizado un análisis de las señales de entrada y también el procesamiento de las mismas es necesario identificar qué tipo de controlador lógico programable se desea considerar para el diseño del Sistema de riego.

Consideraciones para seleccionar el controlador:

- El sistema cuenta con 4 señales de entrada.
- El sistema debe activar a 2 actuadores.
- Alimentación de 110 V

Para realizar el diseño se va a programar un Logo, ya que se puede utilizar para controles especiales en invernaderos, jardines. Y esto amerita que se pueda realizar la programación para un sistema de riego.

Previo haber revisado las características del sistema consideramos que el logo tendrá las siguientes características:

- Sera de categoría 2 > 24 V, es decir 115 a 240 V AC/DC.
- Variante sin pantalla: 8 entradas y 4 salidas.

Cada variante está integrada en 4 unidades de división, dispone de una interfaz de ampliación muy necesaria ya que el número de salida del sistema es de 5.

Todos los módulos LOGO, disponen de las siguientes conexiones para crear el programa, independientemente del número de módulos que se conecten:

- Entradas digitales I1 hasta I24
- Entradas analógicas AI1 hasta AI8
- Salidas digitales Q1 hasta Q16
- Salidas analógicas AQ1 y AQ2
- Marcas digitales M1 hasta M24, siendo M8: marcas de arranque
- Marcas analógicas AM1 hasta AM6
- Teclas de cursor
- 16 salidas no conectadas X1 hasta X16

Estructura del LOGO

Revisando el manual de funcionamiento del LOGO se determina las características de este equipo en la figura 4-9.

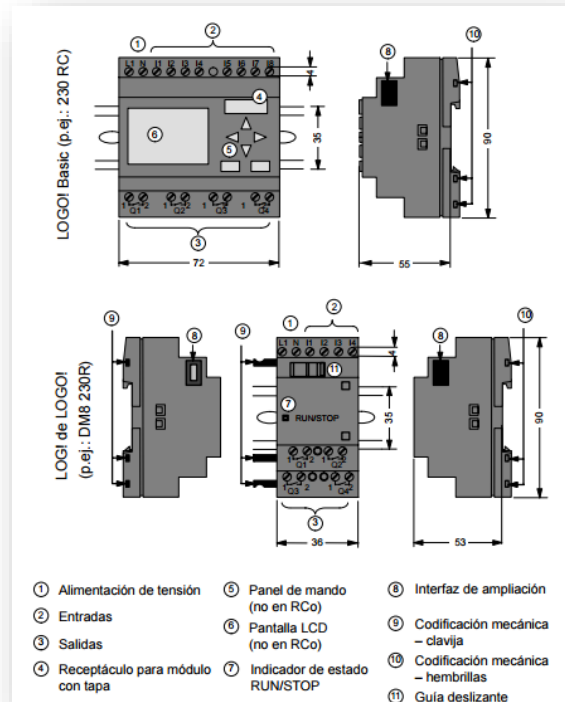


Figura 4-9: LOGO

Fuente: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf

Diseño de diagramas para la automatización

Una vez realizado el análisis de los elementos que se pretende poner en un prototipo, es necesario realizar los diseños electrónicos para realizar una correcta lectura de las señales de entrada.

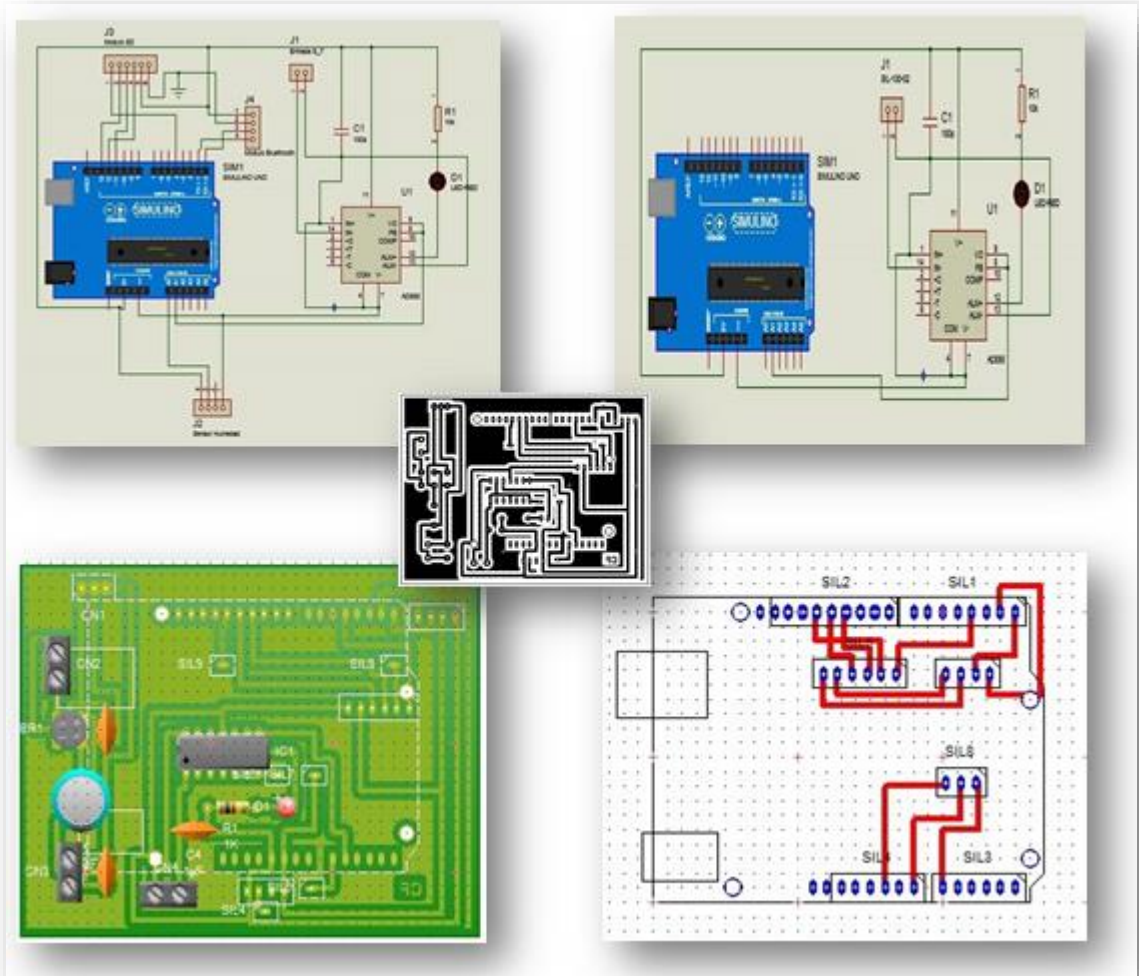


Figura 4-10: Diseño con tarjeta Arduino UNO
Fuente: Suárez R. (2015)

Los diseños fueron realizados con el programa Proteus figura 4-10, software que permite realizar diseños electrónicos, con el cual se conectara los dispositivos para realizar la medición de las señales de entrada tales como: Humedad del suelo, humedad ambiente, temperatura y nivel. Variables que permiten activar y desactivar el sistema de riego.

Tras realizar el diseño para obtener las señales, procedemos a programar el logo para gestionar la activación y desactivación del sistema automático determinadas en la figura 4-11.

Control del sistema

El sistema automático está determinado por un control On / Off, donde este tipo de automatización no necesita tener una elevada precisión. Tras a ver realizado la medición de la humedad en el terreno figura 4-11, se obtuvo datos relacionados con el comportamiento que se ha dado en un cultivo de ciclo corto.

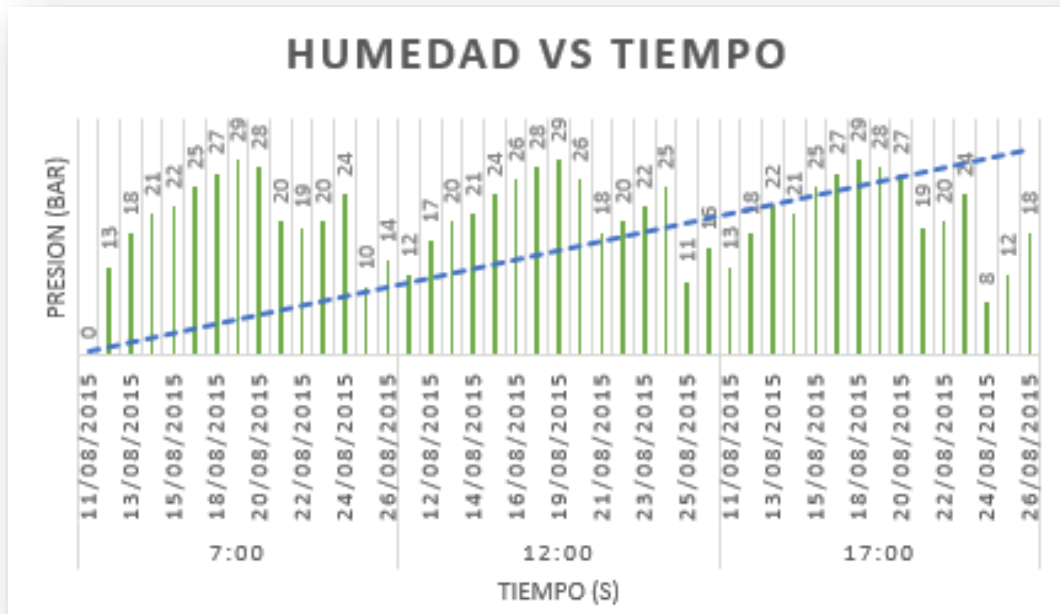


Figura 4.4.2-11: Comportamiento de la humedad

Fuente: Suárez R. (2015)

Al revisar los rangos en el cual se especifica que es prudencial realizar la irrigación en el suelo se determina:

- Rango máximo: 60 Centibares.
- Rango mínimo: 30 Centibares.
- Una vez realizada la medición se determina un promedio de 32,8 Centibares.

El sistema en si no se activa si se tiene valores menores a 30 Centibares y mayores a 60 Centibares puesto que son condiciones no importa (condiciones que no suceden en el sistema por ningún motivo).

El set point que se considera para el sistema será de 40 Centibares.

Al realizar la obtención del error = valor deseado – valor medido tenemos:

$$\text{Error} = 40 \text{ Centibares} - 32,8 \text{ Centibares}$$

$$\text{Error} = 7,2 \text{ Centibares}$$

Obteniendo un 8 % de error lo cual es tolerable tras haber utilizado un sistema On / Off en el sistema automático para el sistema de riego.

Con las consideraciones antes mencionadas se determina la curva de funcionamiento con el controlador de humedad para el sistema de riego:

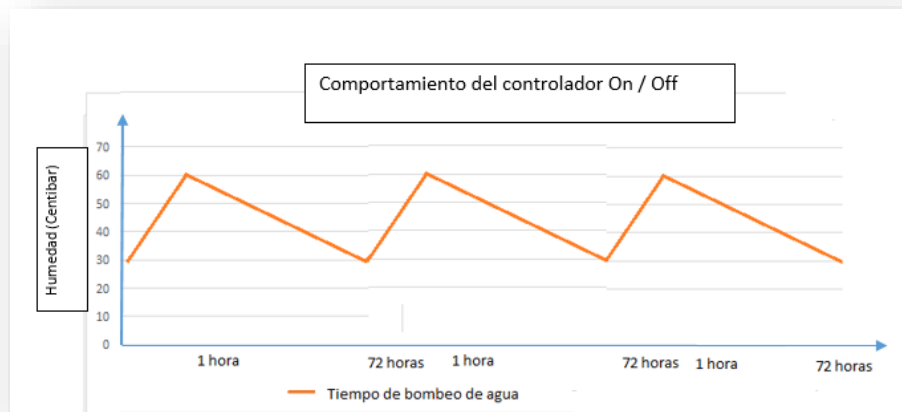


Figura 4.4.2-12: Comportamiento del controlador On / Off variable de humedad
Fuente: Suárez R. (2015)

En la figura 4-12 se determina que el nivel máximo es de 60 Centibares, esto se obtiene tras haber realizado la irrigación por un periodo de una hora. Para alcanzar el nivel mínimo que es de 30 Centibares tendrá que pasar un periodo de 72 horas para nuevamente repetir el ciclo de riego. Estos parámetros se los ha determinado para un cultivo de ciclo corto y los datos del comportamiento de la humedad se los obtuvo con un muestreo diario a través de un tensiómetro ubicado en la propiedad.

Esquema con el cual funciona el sistema automático de riego figura 4-12 y figura 4-13.

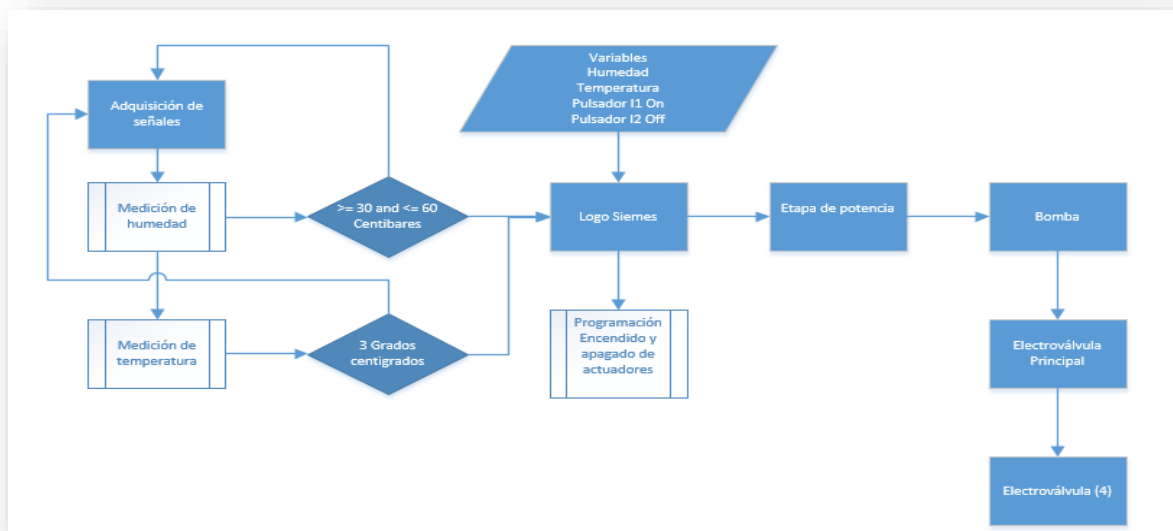


Figura 4.4.2-12: Lógica de funcionamiento del sistema de riego
Fuente: Suárez R. (2015)

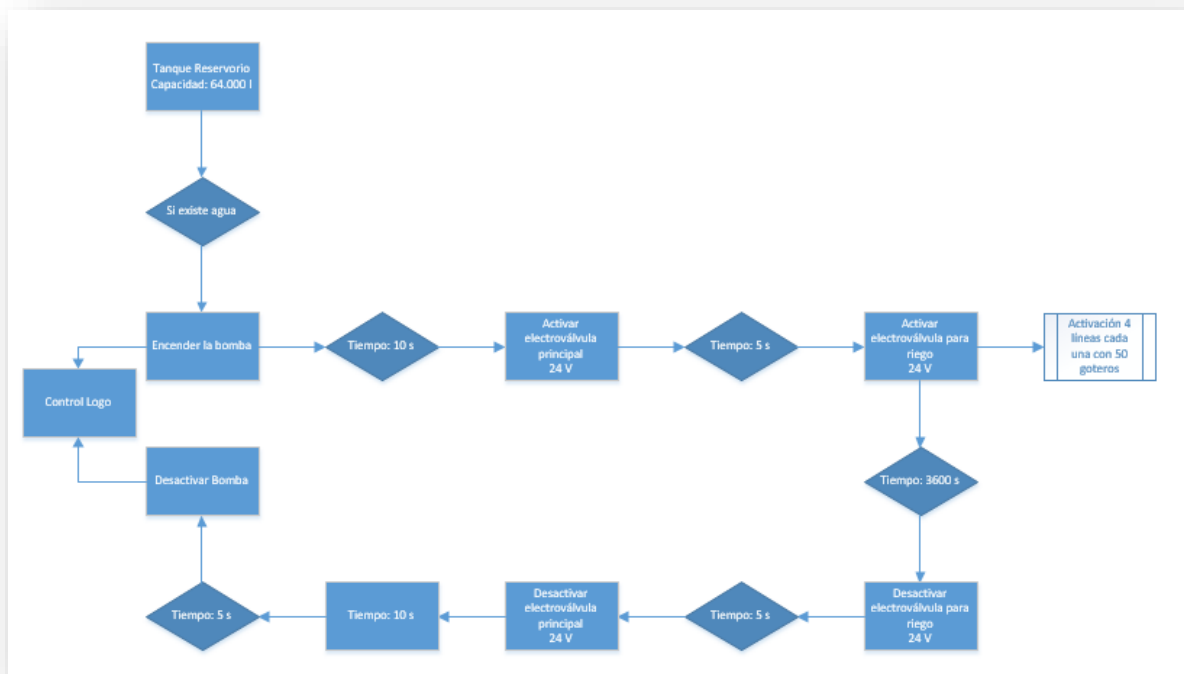


Figura 4.4.2-13: Lógica de funcionamiento del On / Off de la bomba utilizando el Logo.
Fuente: Suárez R. (2015)

Análisis de factibilidad

El desarrollo de la presente propuesta se sustenta principalmente en los siguientes enfoques fácticos:

Factibilidad técnica.

Para determinar la viabilidad de dicha propuesta, se procedió a realizar la comprobación de la hipótesis donde la información que se recolecto coincide con la mejora e implementación de nueva tecnología en los sistemas de riego (manual), con dicha tecnología el resultado final será un sistema automático de riego eficientemente energético. Para el diseño de dicha propuesta, se cuenta con el apoyo técnico y a su vez con el apoyo de los recursos necesarios para llevar a cabo la ejecución.

Factibilidad financiera.

La propuesta es factible ya que, cuenta con la bomba, mangueras y tuberías adecuadas que fueron anteriormente utilizadas en el sistema de riego por goteo; dichos elementos serán utilizados y

acoplados a los sensores y tarjetas programables estos instrumentos serán cubiertos con el 100% por parte de los propietarios.

Impacto económico

Para la evaluación de la inversión a realizar en la propuesta de este tema de investigación se realiza un análisis de los costos en función de:

- Costos directos e indirectos
- Costos de mano de obra

Costos directos

Son los precios que tiene cada uno de los materiales empleados para implementar un prototipo que se detalla en el anexo. Dando un valor por este concepto de 491 \$ dólares americanos.

Costos indirectos

Son todos los gastos correspondientes a la utilización de maquinaria, costo de mano de obra, entre otros que no se ven reflejados en la implementación. En la tabla 4-12 se detalla la maquinaria y herramientas básicas que se pueden utilizar y conseguir en cualquier lugar.

Tabla 4-12: Costos indirectos

Maquinaria	Costo/hora (\$/h)	Estimación de horas utilizadas	Costo (\$)
Taladro	0,10	20	2
Suelda con cautín	0,10	10	1
Herramientas varias			40
		Subtotal	43

Fuente: Suárez R. (2015)

Costo de mano de obra

Es el valor que el personal gana por transformar la materia prima en producto final. En la tabla 4-13 se muestra que sería suficiente solamente dos personas para realizar la implementación del prototipo del sistema de riego, con un costo total de mano de obra basado en el salario mínimo vigente en Ecuador.

Tabla 4-13: Costo mano de Obra

Nº de trabajadores	Costo/hora	Horas empleadas (c/u)	Subtotal (USD)	Total (USD)
2	2,25	20	45	90

Fuente: Suárez R. (2015)

Sumando los valores anteriores, se obtiene un costo total para implementar el prototipo del sistema automático de riego es de 624 \$ (dólares americanos)

Recuperación de la inversión

Si consideramos el régimen 1 de consumo de energía como esta detallada en la tabla 3–4, el costo anual será de \$ 232,49. Ahora al considerar el sistema automático el costo será de \$ 15,50 por año obteniendo un ahorro de \$ 216,99.

Al tomar en cuenta que el sistema de riego automatizado tiene un costo de \$ 491,16 (solo elementos de automatización y control).

Se obtiene:

- Al realizar el cálculo $491,16/216,99$ tenemos 2,26.

Es decir la recuperación de este proyecto será en 2 años y un mes respectivamente, cabe mencionar que se ha considerado los rubros relacionados con la energía eléctrica (costo del kW es de \$ 0,09 según empresa de distribución eléctrica), los montos correspondientes al consumo de agua no se toman en consideración ya que el valor a pagar es despreciable puesto que en el Ecuador este recurso es relativamente barato \$ 20 por año.

Si bien la recuperación de nuestro capital es prolongado, la mejora de este tipo de procesos beneficia en gran proporción a la disminución en el impacto ambiental puesto que disminuye el consumo de la energía por medio del uso de estos automatismos.

Fundamentación científico técnico

El desarrollo de la presente propuesta se fundamenta científicamente en los resultados comprobados en la presente investigación, donde se verificó que efectivamente la colación de un sensor de humedad

y de temperatura ambiente incide en la eficiencia y manejo de un sistema de riego. Esto representa una mayor rentabilidad y abastecimiento de agua para la producción en el área agrícola.

Resultados obtenidos con la implementación del prototipo

Para demostrar que se obtuvo beneficios se realizó el seguimiento en la producción de un cultivo de ciclo corto (rábano).

Una vez puesto en marcha el sistema y preparar el terreno se realiza las camas correspondientes y se siembra la semilla del rábano. La figura 4-12 muestra el comportamiento de la planta tras haber pasado 1 semana.



Figura 4-12: Primera semana
Fuente: Suárez R. (2015)

Ha crecido el cultivo y en la figura 4-13 se puede observar el desarrollo que ha el sembrío esta imagen es captada tras haber pasado 2 semanas.



Figura 4-13: Segunda semana
Fuente: Suárez R. (2015)

A la tercera semana como se puede observar en la figura 4-14 la planta está más grande, se ve marchita por el sol tras realizar la activación del sistema las plantas se hidratan por tanto están en buenas condiciones.



Figura 4-14: Tercera semana
Fuente: Suárez R. (2015)

En la cuarta semana las plantas están listas para ser cosechadas como podemos observar en la figura 4-15. Foto que indica que se cosecha, lava y empaqueta el producto para posteriormente ser distribuido a los diferentes sitios de comercio.



Figura 4-15: Producto final
Fuente: Suárez R. (2015)

Beneficio económico

Consideraciones para el rábano

- En esta investigación se sembró 25 gramos de semilla (2000 semillas) con un costo de 0,55 centavos de dólar.
- No se realiza ninguna inversión por motivos de fumigación ya que el producto es orgánico.

Entonces:

- Se cosecho 80 atados (3 camas sembradas), a un precio de 0,25 dando un total de \$ 20
- Cada atado tiene 22 pepas dando un total de germinación de 1760 rábanos siendo el 88% de efectividad.

Realizando el análisis con sistemas tradicionales la mayoría de semilla se pierde ya que no tienen una correcta dosificación de agua. Ahora con el sistema que se ha planteado en esta propuesta nos indica que el 88 % de la semilla llega a germinar.

La rentabilidad es muy alta se ganaría 19,45 \$ por cada 25 gramos de semilla, cabe mencionar que se sembró en una área de 250 m².

El costo de la energía con un sistema automático sería de \$ 1, 29 al mes y el consumo de agua sería de 3.200 litros por mes.

Modelo Operativo

Diseño Conceptual detallada en la figura 4-16.

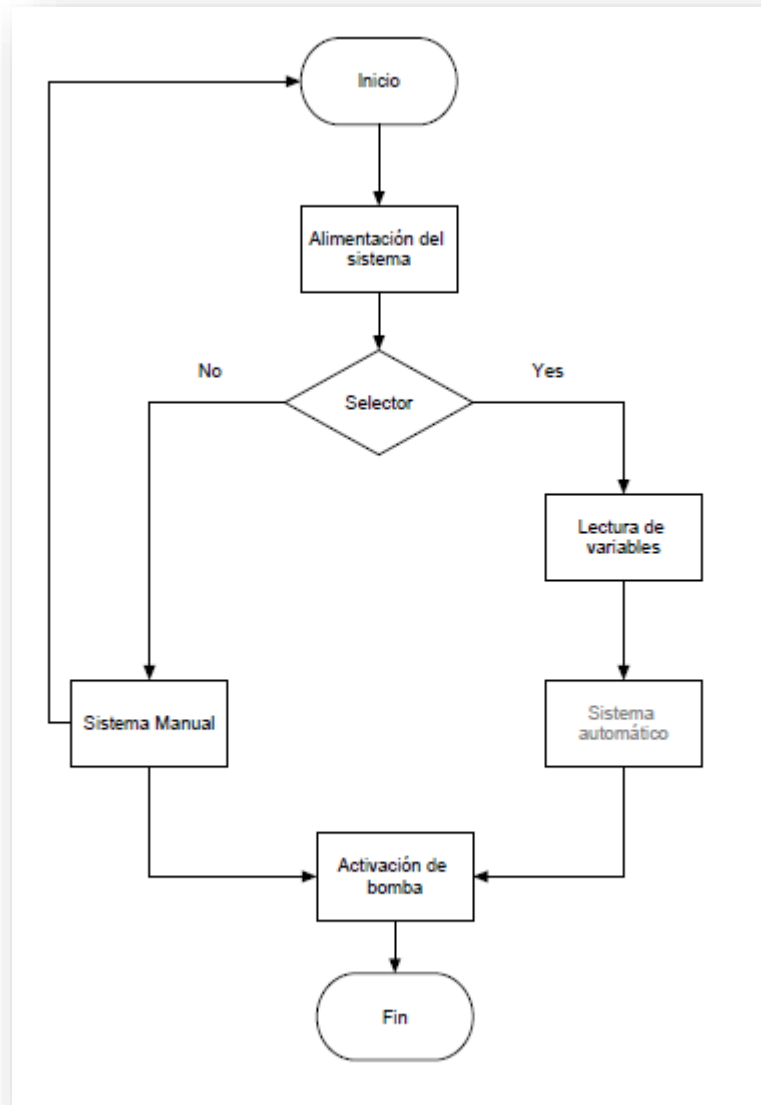


Figura 4-16: Diagrama Funcional
Fuente: Suárez R. (2015)

Costos de la energía con el sistema automático

Se realiza un análisis para determinar el costo de la energía utilizando la herramienta de Excel obteniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 4-14.

Tabla 4-14: Costo de la energía

Muestra 19/08/2015			Energía			Régimen de consumo
Horas	Potencia (W)	Consumo (Wh)	kWh/día	kWh/mes	kWh/anual	Régimen auto/mes
16:00:00	569,49	3587,82	3,59	107,63	1291,62	1,29
16:10:00	452,46		Costo/día	Costo/mes	Costo/anual	Régimen auto/anual
16:20:00	569,49		0,32	9,69	116,25	15,50
16:30:00	503,22					
16:40:00	470,99					
16:50:00	452,46					
17:00:00	569,71					

Fuente: Suárez R. (2015)

Al realizar un seguimiento utilizando un sistema automático para un cultivo de ciclo corto se estima que el sistema funcionara 1 vez por semana en un periodo de 2 horas de bombeo de agua. Y si existe precipitaciones inclusive el sistema no se accionara por algún tiempo. Cabe indicar que al utilizar este diseño el costo mensual será de \$ 1,29 y un costo anual de \$ 15,5, por el uso de la energía.

Consumo del agua con el sistema automático

Se realiza un análisis para determinar el consumo de agua utilizando la herramienta de Excel obteniendo los siguientes resultados mostrados en la tabla 4-15.

Tabla 4-15: Consumo de Agua

Capacidad del tanque (l)	Goteros	Cada gotero l/h	Consumo Agua 1 hora (l)	Régimen auto/mes
64.000	200	4		3.200,00 l
				Régimen auto/anual
			800	38.400,00 l
		Disponibilidad		Si

Fuente: Suárez R. (2015)

Si se considera el consumo de agua con el sistema tradicional que es de 576.000 l / año, al realizar un sistema automático el consumo de agua disminuye a 38.400 l / año. Realizando el cálculo correspondiente se determina que un sistema automático bajo las condiciones antes descritas tendrá una efectividad del 93% con respecto a un sistema tradicional en cuanto a la distribución del agua que se brinda a un determinado cultivo.

Al tener una adecuada distribución del agua de riego permitirá obtener una producción factible ya que en todo momento la planta tendrá una humedad por lo tanto se puede asegurar una cosecha exitosa de un cultivo de ciclo corto.

Desarrollo de procesos

Luego de haber investigado elementos, comportamientos del sistema, realizar un diseño es muy necesario probar. Para lo cual se va implementar un prototipo de un sistema de riego automatizado.

Preparación del terreno

Para poder implementar se pide la autorización a la propietaria de la Microempresa Rocío, la cual facilita un área de 250 m² para poder realizar la investigación figura 4-17.



Figura 4-17: Acondicionamiento del terreno

Fuente: Suárez R. (2015)

Fue necesario realizar un desmonte de la mala hierba, para poder tener un terreno apto y permita ubicar la tubería del sistema de goteo.



Figura 4-18: Instalando Goteo y Tubería

Fuente: Suárez R. (2015)

Se realiza la instalación de la tubería (ubicada a 0,6 m) y los goteros (ubicados a una distancia de 0,3 m) figura 4-18.



Figura 4-19: Adecuación del área para la bomba

Fuente: Suárez R. (2015)

Al no haber estado en operación por mucho tiempo el sistema de riego es necesario realizar la limpieza para ubicar posteriormente la bomba figura 4-19.

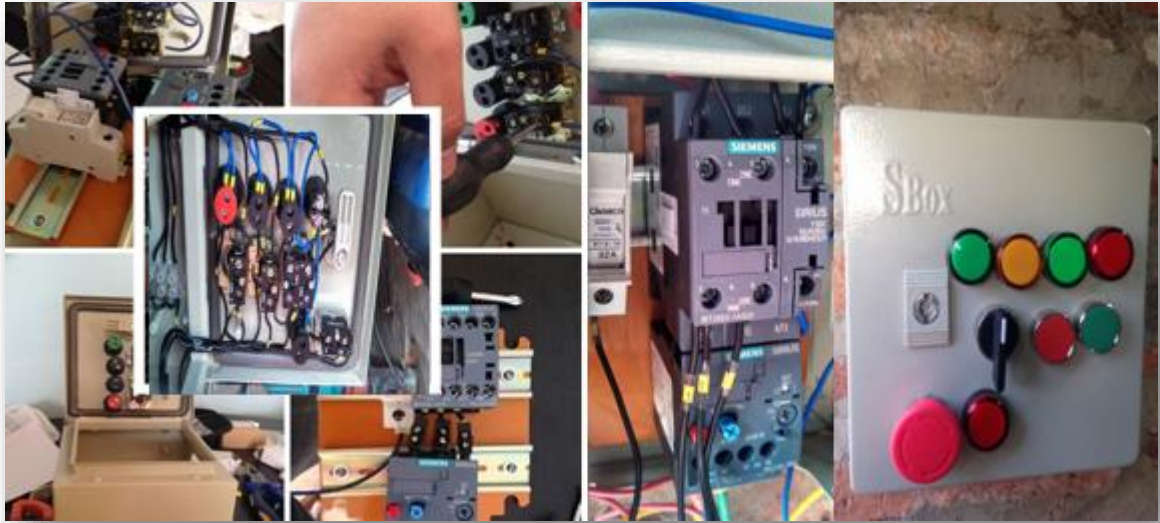


Figura 4-20: Implementación circuito de potencia
Fuente: Suárez R. (2015)

Una vez realizado el diseño del sistema de un circuito de potencia en la figura 4-20, se realiza la adquisición de materiales y se procede a la conexión de todos elementos tales como:

- Fusible
- Contactor
- Térmico
- Luces piloto
- Selector
- Paro de emergencia



Figura 4-21: Cableado para sistema automático
Fuente: Suárez R. (2015)

Para el cableado se utilizó tubería pvc para enviar todos los cables necesarios para realizar la automatización del sistema de riego figura 4-21.



Figura 4-22: Logo gestión con electroválvulas
Fuente: Suárez R. (2015)

Para realizar la automatización se ubica un logo equipo que permite gestionar el sistema de bombeo mediante la utilización de señales de entrada (sensor de humedad del suelo, ambiente, temperatura y nivel) y señales de salida (bomba, electroválvulas) figura 4-22.

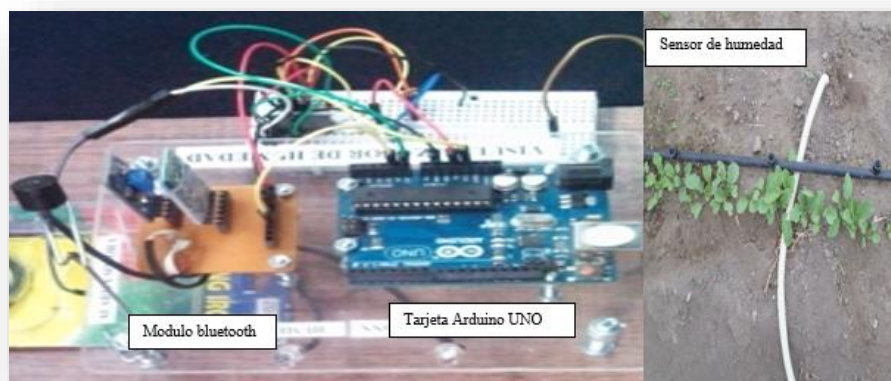


Figura 4-23: Control de señales
Fuente: Suárez R. (2015)

Protocolos de Prueba

Primera Prueba:

Se procedió a realizar la verificación del circuito de potencia el cual activará la bomba para el bombeo del recurso hídrico en los cultivos de la finca, dicho circuito consta de un relé térmico, un contactor, luces piloto y además verificar las respectivas conexiones en la caja de control. En un inicio al

encender la bomba no se pudo observar que la bomba este succionando el recurso hídrico desde el tanque de reserva figura 4-24.



Figura 4-24: Funcionamiento del circuito
Fuente: Suárez R. (2015)

Segunda Prueba:

Se procedió a realizar el cebado de la bomba para poder así eliminar todo el aire que se encuentra dentro de las cámaras de la hélice de la bomba, teniendo como resultado que la bomba empiece a succionar el líquido para la distribución del mismo en los sembríos, mediante la activación de las electroválvulas figura 4-25.



Figura 4-25: Sistema de goteo en funcionamiento
Fuente: Suárez R. (2015)

Administración de la Propuesta

Para la administración de dicho recurso se debe considerar diferentes aspectos:

Tabla 4-16: Administración de la propuesta

Actividad	Responsable	Tiempo
Socialización con propietarios.	Investigador	1 hora
Identificación de las partes existentes en el sistema.	Investigador	2 horas
Capacitación al personal	Investigador	1 mes
Realización de pruebas de manejo del sistema	Investigador	1 mes
Instrucciones de mantenimiento (Únicamente por personas que tengan conocimiento sobre el tipo de tecnología usada)	Propietarios	1mes

Fuente: Suárez R. (2015)

Previsión de la información

Tabla 4-17: Previsión de la información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
¿Qué evaluar?	El diseño de un sistema de riego automático.
¿Por qué evaluar?	Porque es necesario comprobar la eficiencia del sistema y a su vez hacer un uso y manejo del recurso hídrico.
¿Para qué evaluar?	Para recopilar datos de los sensores que se encuentran implementados en el sistema de riego.
¿Con que criterios?	La efectividad de la aplicación de sensores para la automatización de un sistema de riego.
Indicadores	Datos cuantitativos obtenidos con el uso de un analizador de carga y ver la tendencia de uso de una bomba. Uso de sensores para saber el comportamiento de los factores en un cultivo.
¿Quién evalúa?	Autoridades y docentes de la institución.
¿Cuándo evaluar?	Antes, durante y después de la aplicación de la propuesta.
¿Cómo evaluar?	Mediante un seguimiento en los cultivos de ciclo corto, sobre la efectividad del sistema.
¿Fuentes de información?	Libros, tutoriales, internet, tesis y manuales.
¿Con que evaluar?	Datos obtenidos con el analizador de carga y base de datos utilizados en la programación del sistema automático para el riego.

Fuente: Suárez R. (2015)

CONCLUSIONES GENERALES

- Mediante la revisión de documentos e investigación se ha logrado conocer la realidad de los diferentes sistemas de riego que utilizan por lo general los agricultores siendo muy evidente una falta de tecnificación en los procesos ya que existe un gran desperdicio de recursos que muchas de las veces los procesos son empíricos.
- Las mediciones permitieron caracterizar el funcionamiento del sistema de riego determinando los parámetros eléctricos, los niveles de humedad promedio de 32,8 Centibares necesarios para la producción de un cultivo de ciclo corto.
- Al realizar la implementación de un prototipo de un sistema de riego automatizado se determinó el consumo de la energía de 3587,82Wh (una hora de funcionamiento), obteniendo un valor de \$15,50 por año. El consumo de agua se disminuyó en proporción al consumo total de 3200 litros mensuales a 38.400 litros anuales. Es necesario resaltar que el reservorio tiene una capacidad de 64.000 litros, a diferencia de los sistemas convencionales que no hacen un uso adecuado de los recursos y por tanto esa disposición de agua les era insuficiente para el desarrollo de los cultivos.
- El proyecto es factible el costo de instalación no es muy elevado ascendiendo a \$ 491.16, considerando que se desarrolló la parte automática del sistema de riego con tecnología actual pero a su vez con elementos relativamente baratos y fáciles de encontrar en el mercado nacional obteniendo una recuperación de la inversión en 2 años y un mes respectivamente (considerando solo rubros generados por el consumo de energía eléctrica) pese a ser una recuperación larga del capital, el aporte al medio ambiente es significativo porque se realiza un manejo adecuado del agua, se evita erosión en el suelo y en el ámbito social permite mejorar las condiciones de vida del pequeño agricultor.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se investigue sobre algunos tópicos en sistemas de riego automatizados relacionados con la micro producción agrícola a escala macro ya que al tener un manejo centralizado aumentará la producción nacional y beneficiará al pequeño agricultor.
- Por la razón expuesta es recomendable que los sectores de producción generen ideas sustentables para el medio agrícola, utilizando tecnología actual pero con costos bajos y de esa manera los pequeños agricultores tecnificarán sus proceso y podrán hacer un uso adecuado de sus recursos.

BIBLIOGRAFÍA

- Agroinfoclima. (14 de Noviembre de 2015). *agroinfoclima.com*. Obtenido de http://agro.infoclima.com/?page_id=506
- Alvarez, K. (21 de Julio de 2011). *Manejo agronómico*. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/60558258/MANEJO-AGRONOMICO>
- Amangandí, J. (Octubre de 2012). *Arduino*. Obtenido de <http://jamangandi2012.blogspot.com/2012/10/que-es-arduino-te-lo-mostramos-en-un.html>
- Ardila, F. &. (2013). Automatización de un sistema de riego por goteo en invernadero para la producción de cultivos en el campo experimental "La Teodomira". Manta, Manabí, Ecuador.
- CONELEC. (2001). *Calidad del servicio eléctrico*. Quito.
- Conelec. (2010). *Consejo Nacional de Electricidad*. Quito.
- Curuguaty, M. (2015). *CLOC*. Obtenido de Agricultura en el Ecuador: <http://www.cloc-viacampesina.net/pt/temas-principales/reforma-agraria/93-reforma-agraria-ecuador>
- Definición.de. (Noviembre de 2015). *Significado*. Obtenido de <http://definicion.de/tubo/>
- Egger. (1981). *Agricultor tradicional*. Obtenido de <http://tiposagricultura.blogspot.com/2014/03/tipos-de-agrucultura.html>
- Gomez, L. (Agosto de 2015). *Automatización Industrial*. Obtenido de Automatización Industrial Principios y Aplicaciones: <http://es.scribd.com/doc/29338450/AUTOMATIZACION-INDUSTRIAL#scribd>
- Gomez, M. (13 de 11 de 2015). *Academia.edu*. Obtenido de http://www.academia.edu/8014551/BOMBA_CENTR%C3%8DFUGA_DEFINICI%C3%93N_Las_Bombas_centr%C3%ADfugas_tambi%C3%A9n_llamadas_Rotodin%C3%A1micas
- Herrera E., M. F. (2004). *Tutoría de la Investigación Científica*. Ambato: Maxtudio.
- Koolhaas, M. (Julio de 2011). *Curso de Posgrado Profesional "Estructuras Hidráulicas para Riego"*. Obtenido de Canales: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:6rONcHve81EJ:www.sistemamid.com/download.php>
- Meteorológicas, E. e. (2015). *Análisis del impacto de los principales elementos del clima en el sector agropecuario ecuatoriano*. Quito.
- Miyara, F. (2004). *Convertidores A/D y D/A*. Obtenido de <http://www.fceia.unr.edu.ar/enica3/dad-ad.pdf>
- Molina C., M. J. (Noviembre de 2009). *Monografias.com*. Obtenido de Automatización Industrial: <http://www.monografias.com/trabajos76/automatizacion/automatizacion2.shtml>

- Nacional, A. (2014). *ey de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua publicado en Registro Oficial*. Quito.
- Organisation, S. (2012). *tiposde.org*. Obtenido de Tipos de riego:
<http://www.tiposde.org/cotidianos/442-tipos-de-riego/>
- Recursos Hídricos, E. t. (2014). *Plan provincial de riego Tungurahua*. Ambato: Mundo gráfico.
- Riego. (Abril de 2015). Obtenido de Club ensayos.com: <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/El-Riego/2455171.html>
- Ruthenberg. (1976). *Agricultura sustentable*. Obtenido de
<http://tiposagricultura.blogspot.com/2014/03/tipos-de-agricultura.html>
- Santander, P. (2011). El agua de riego y su incidencia en la producción agrícola de la fresa en el sector Huachi La Libertad del Cantón Ambato Provincia del Tungurahua. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
- Sarabia, F. (2010). *Mejoramiento de canal de riego, mediante revestimiento*. Santiago-Chile: Universidad de Talca.
- Sepúlveda. (1992). *Grupo de investigación eumednet*. Obtenido de eumed.net:
<http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2008/amr/Tipos%20de%20agricultura.htm>
- Tubón, E. (2009). Automatización de la central de generación Cuyabeno de producción mediante la implementación de un sistema SCADA. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Urbano. (1981). *Boletín y tierras de la FAO*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>

Anexo A Encuesta realizada a usuarios del canal de riego Catiglata – La Península
ENCUESTA

Investigación percepciones sobre la aplicación de sistemas de riego en la producción agrícola.

A continuación encontrará una serie de preguntas destinadas a conocer su opinión sobre aspectos relacionados con los sistemas de riego. Mediante esto queremos conocer lo que piensa la gente como usted sobre esta temática.

Sus respuestas son confidenciales y serán reunidas junto a las respuestas de otras personas que están contestando este cuestionario. Muchas gracias.

Pregunta 1

¿En qué nivel usted considera que la distribución del agua de riego, que utiliza en su terreno se encuentra actualmente?

Opciones	Marque con una X
1. Bueno	
2. Malo	
3. Regular	
4. Pésimo	
5. Ninguna	

Pregunta 2

¿Considera usted que el caudal (cantidad de agua), en horario normal que utiliza para sus sembríos es suficiente para tener una buena producción?

Opciones	Marque con una X
1. Si	
2. No	

Pregunta 3

¿Ud. tiene un reservorio de agua para sus cultivos como alternativa en caso de estiaje?

Opciones	Marque con una X
1. Si	
2. No	

Pregunta 4

¿Determine que tan forzoso (físicamente) es la conducción del agua que usted utiliza para regar el agua en su terreno?

Opciones	Marque con una X
1. Difícil	
2. Fácil	
3. Normal	
4. Regular	

Pregunta 5

¿Cuál de los siguientes sistemas de riego tiene instalado en su propiedad que sirve para distribuir el agua en sus cultivos?

Opciones	Marque con una X
1. Inundación	
2. Aspersión	
3. Goteo	
4. Nebulización	

Pregunta 6

¿Ud. considera que un sistema de riego automatizado nos permitirá mejorar la distribución del agua de riego en las propiedades?

Opciones	Marque con una X
1. Si	
2. No	

Pregunta 7

¿Considera que un sistema automático consume mucha energía eléctrica para su funcionamiento?

Opciones	Marque con una X
1. Si	
2. No	

Anexo B Normativa según CONELEC 004/01 año 2011

Según (CONELEC, 2001) bajo la norma 004/01, se determina lo siguiente:

- Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

Tabla 4-18 Tolerancia THD

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $ V_i' $ o $ THD' $ (% Respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	$0.1 + 0.6*25/n$	$0.2 + 1.3*25/n$
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		

2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

En la tabla anterior nos indica los valores con los cuales debemos realizar el análisis para determinar si tenemos una buena calidad de energía en un sistema eléctrico.

Anexo C Tabla para ubicar el sensor de humedad

IRROMETER LONGITUDES Y PROFUNDIDADES EN EL SUELO

La siguiente información esta basada para suelos profundos y bien drenados. Es conveniente instalar los instrumentos más inclinados o a menor profundidad en suelos delgados o más ligeros. Con riego por goteo y para cultivos con raíces profundas se recomienda 30, 60 y 90 cm de profundidad.

	Instrumento Superficial (centimeters)	Instrumento Profundo (centimeters)	Tercer Instrumento Si Se Usa (centimeters)		Instrumento Superficial (centimeters)	Instrumento Profundo (centimeters)	Tercer Instrumento Si Se Usa (centimeters)
FRUTICULTURA				CULTIVOS de HILERA			
Almendra	60	120	180	Ajo	30	60	
Manzana	50	100	150	Lechuga	30		
Chavacano (Albaricoque)	60	120	180	Quingombó	45	90	
Aguacate/Palta	30	60	90	Cebolla	30		
Banana/Plátano	30	60		Chirivía	45	90	
Cereza	60	120	150-180	Chícharos/Guisante	45	90	
Naranja/Limón y Toronja	45	90		Chile/Pimienta	40	75	
Palmera Datilera	60	120	150	Piña	40	75	
Uva	60	120	150	Papas	20	45	
Higo	45	90		Calabaza Común	45	90	120
Kiwi	45	90	120	Rábano	30		
Macadamia	30	60	90	Espinaca	30	60	
Aceituna	60	120	150	Calabacitas	40	75	
Papaya/Lechosa	30	60		Tomates	45	90	
Nuez	45	90	120	Nabo	45	90	
Durazno	45	90	150	Clavel	30 (10-15 cm PROFUNDO)		
Pera	45	90	120	Crisantemo	30 (10-15 cm PROFUNDO)		
Pistacho	60	120	150	CULTIVOS de CAMPO			
Ciruela	60	120	180	Alfalfa	45-60	90-120	150-180
Nuez de Nogal	60	120	180	Cebada	45	90	
CULTIVOS de HILERA				Trébol	30	60	
Alcachofa	45	90		Romolacha de Azúcar	45	90	
Espárrago	45-60	90-120		Acelga	30	60	
Frijol de Media Luna	45	90		Café	45-60	90-120	
Frijol	30	60		Maíz	45	90	
Remolacha	30-45	60-90		Sorgo	45	90	
Fresa	15	45		Algodón	45	90	120
Vaccinio	30	60		Granos	45	90	
Frambuesa	45	90		Tigro/Heno	45	90	120
Arándano Agrio	45	90		Pasto/Forage	20-40		60-75
Brécol/Brocoli	30	50		Soya	45	90	150
Repollo	30	50		Caña de Azúcar	45	90	
Melocotón/Cantaloupo	45	90		Girasol	60	120	150
Melón	45	90		Tabaco	45	90	
Sandía	45	90	120	Té	30	60	
Zanahoria	30	60		Lúpulo	60	120	150
Coliflor	30	60		Hierbabuena	30	60	
Apio	25	50		Mostaza	45	90	
Pepino	45	90					
Berenjena	30	60					

Anexo D Descripción sensor de nivel



KF-06

LEVEL REGULATOR



May be used for direct level control, in accordance with product electrical specifications.

In the case of approved products, the ground wire will always be included and the ground wire sheath will always be yellow/green. In this case, this two remaining wires are supplied for "high closure" or, specific request, "low closure".

INSTRUCTIONS FOR INSTALLATION



FILLING

MAX 250V 10A AC



EMPTYING

MAX 250V 10A AC

ELECTRICAL CONNECTIONS

Use wires:
"Black" and "Blue"
With these contacts the regulator
Closes when down
Opens when up

Use wires:
"Black" and "Brown"
With these contacts the regulator
Closes when up
Opens when down

The wire that is not used must be correctly insulated

1 Insert the cable in the counterweight, from the conical part and rotate it, thus causing the plastic ring inserted in the opening to become detached (if necessary this operation can be facilitated with the use of a screwdriver). The ring should then be positioned in the point where it is desired to block the counterweight.

2 Force the counterweight on the ring by rotating it, using a slight pressure.

THE COUNTERWEIGHT IS FURNISHED ONLY ON REQUEST.

AVOID JOINTS IN THE LEVEL REGULATOR CABLE.

NEVER IMMERGE POSSIBLE CABLE JOINTS IN THE WATER.





INSTALLATION OF COUNTERWEIGHT

Anexo E Características del LOGO siemens

Variantes disponibles



Existen las siguientes variantes de LOGO!:

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas	Características
	LOGO! 12/24RC	12/24 V CC	8 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 10A	
	LOGO! 24	24 V c.c.	8 digitales ⁽¹⁾	4 transistores 24V / 0,3A	Sin reloj
	LOGO! 24RC ⁽³⁾	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 230RC ⁽²⁾	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	
	LOGO! 12/24RCo	12/24 V CC	8 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 24o	24 V DC	8 digitales ⁽¹⁾	4 transistores 24V / 0,3A	Sin display Sin teclado Sin reloj
	LOGO! 24RCo ⁽³⁾	24 V AC / 24 V DC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado
	LOGO! 230RCo ⁽²⁾	115...240 V CA/CC	8 digitales	4 relés de 10A	Sin display Sin teclado

- (1): De ellos pueden utilizarse alternativamente:
2 entradas analógicas (0 ... 10V) y 2 entradas rápidas.
- (2): Variantes de 230 V: entradas en dos grupos de 4.
Dentro del grupo sólo puede haber una misma fase,
entre grupos puede haber fases distintas.
- (3): Las entradas digitales pueden utilizarse alternativamente
con conexión P o conexión N.

Módulos de ampliación

A LOGO! se pueden conectar los siguientes módulos de ampliación:

Símbolo	Designación	Alimentación	Entradas	Salidas
	LOGO! DM 8 12/24R	12/24 V CC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 24	24 V c.c.	4 digitales	4 transistores 24V / 0,3A
	LOGO! DM 8 24R ⁽³⁾	24 V AC/DC	4 digitales	4 relés de 5A
	LOGO! DM 8 230R	115...240 V CA/CC	4 digitales ⁽¹⁾	4 relés de 5A
	LOGO! AM 2	12/24 V CC	2 analógicas 0 ... 10V ó 0 ... 20mA ⁽²⁾	ninguna
	LOGO! AM 2 PT100	12/24 V DC	2 Pt100 -50 °C hasta +200 °C	ninguna

- (1): No se admiten fases distintas entre las entradas.
- (2): 0 ... 10V, 0 ... 20 mA pueden conectarse de forma alternativa.
- (3): Entradas digitales pueden utilizarse alternativamente
con conexión P o conexión N.

2 Montar y cablear LOGO!

Directrices generales

Al montar y cablear su LOGO! se recomienda observar los puntos siguientes:

- Asegúrese de cumplir todas las normas vigentes y vinculantes cuando realice el cableado de LOGO! Observe las respectivas prescripciones nacionales y regionales durante la instalación y la operación de los equipos. Infórmese en las autoridades competentes sobre las normas y prescripciones vigentes para su caso específico.
 - Utilice conductores con la sección adecuada para la respectiva intensidad. LOGO! se puede conectar con cables de una sección entre 1,5 mm² y 2,5 mm², ver el capítulo 2.3.
 - No apriete excesivamente los bornes de conexión. Par de torsión máximo: 0,5 Nm, ver capítulo 2.3.
 - Los conductores han de tenderse siempre lo más cortos posible. Si se requieren conductores más largos, deberá utilizarse un cable apantallado. Los conductores se deben tender por pares: un conductor neutro junto con un conductor de fase o una línea de señal.
 - Desconecte:
 - el cableado de corriente alterna,
 - el cableado de corriente continua de alta tensión con secuencia rápida de operación de los contactos,
 - el cableado de señal de baja tensión.
 - Prevea un alivio de tracción adecuado para los conductores.
 - Proteja los cables con peligro de fulminación con una
-

Anexo F Materiales de implementación para el prototipo

Anexo F-1 Accesorios del prototipo

Una vez realizado la descripción de los elementos tanto de entrada y de salida del sistema de riego es importante detallar las características de los accesorios que nos permiten realizar una implementación del mismo y constatar su buen funcionamiento.

Luz piloto CAMSCO

Luz Piloto CAMSCO



Datos Técnicos

Voltaje de trabajo	110V
--------------------	------

Corriente	
-----------	--

Fuente: amawebs.com

Selector de 2 Posiciones CAMSCO

Selector 2 Posiciones CAMSCO



Datos Técnicos

Contactos	2 NA (Conmutado)
-----------	------------------

Corriente	12 Amp
-----------	--------

Fuente: amawebs.com

Botonera CAMSCO

Botonera CAMSCO



Datos Técnicos

Contactos	1 NC 1 NA
Corriente	12 Amp

Fuente: amawebs.com

Botonera Paro de Emergencia CAMSCO

Botonera CAMSCO



Datos Técnicos

Contactos	1 NC
Corriente	12 Amp

Fuente: amawebs.com

Botonera doble metálica

Botonera doble metálica



Datos Técnicos

Contactos	3 NA
Corriente	15 Amp

Fuente: amawebs.com

Breaker Termo magnético

Breaker Termo magnético



Datos Técnicos

Voltaje	110 Vac
Corriente	16 Amp

Fuente: amawebs.com

Fusible Cilíndrico Cerámico

Fusible Cilíndrico Cerámico



Datos Técnicos

Voltaje	500 Vac
Corriente	16 Amp

Fuente: amawebs.com

Tablero metálico SBOX

Tablero metálico SBOX



Datos Técnicos

Dimensiones	20 * 20 * 15 cm
-------------	-----------------

Fuente: poliproyetoselectricidad.com

Repartidor 2 polos Legrand

Repartidor de 2 polos



Datos Técnicos

Numero de Bornes	2
Corriente nominal	125Amp
Voltaje	110/220V

Fuente: legrand.com.mx

Modulo de 8 canales ARDUINO

Módulo de 8 canales ARDUINO



Datos Técnicos

Canales	8
Vin	5V
Indicadores de cada relé	Leds
Corriente de cada relé:	
AC →	10AC
DC →	10AC
Voltaje de cada relé:	
AC →	250V
DC →	30V

Fuente: arduino.cc

Anexo G Costos directos

Anexo G-1 Costos

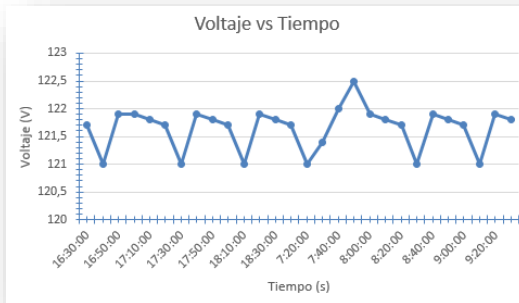
Costos directos para la implementación del prototipo del sistema de riego automatizado.

Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Total
100 m	Cable flexible	0,13	13
4 m	Cable flexible	0,18	0,72
100	Terminales	0,04	4
5	Luz piloto	1,5	7,5
1	Módulo rele 8	20,67	20,67
1	Resistencia 1k	0,04	0,04
1	Capacitor 1 uF	0,1	0,1
1	Capacitor 100 uF	0,3	0,3
1	Broca metal 3/64	0,85	0,85
1	Broca metal 1/32	1,12	1,12
1	Fusible cartucho	0,36	0,36
4	Cable flexible 10	0,76	3,04
2	Terminales ojo amarillo	0,09	0,18
15	Terminal ojo azul	0,05	0,75
1	Repartidor 2 polos	31,08	31,08
1	Contactador	23,42	24,42
1	Porta fusible	1,75	1,75
1	Fusible 4 A	1,11	1,11

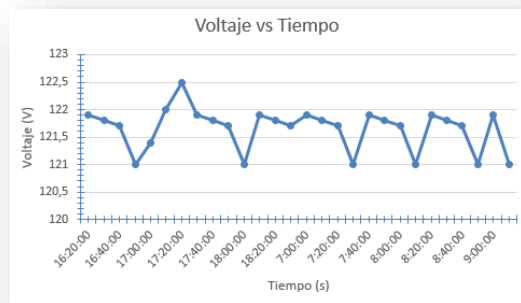
1	Breaker	5,43	5,43
1	Tablero metálico	15,13	15,13
1	Riel din	1,96	1,96
1	Rele térmico	43,61	43,61
1	Selector	3,07	3,07
2	Pulsadores	2,7	5,4
1	Paro general	1,95	1,95
1	Arduino	60	60
1	Logo siemens	120	120
1	Sensor de humedad	10	10
1	Sensor de temperatura	15	15
1	Sensor de nivel	20	20
1	Bluetooth	14	14
1	Micro card	12	12
		Subtotal	438,54
		12% IVA	52,62
		Total	491,16

Anexo H-4 Voltaje (V) Vs Tiempo (s)

13/08/2015

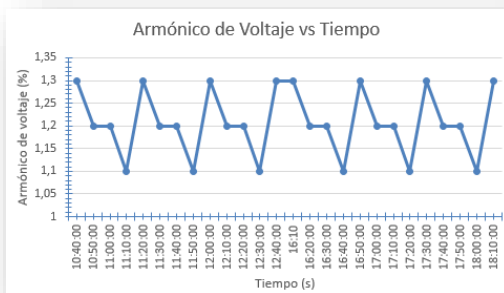


18/08/2015

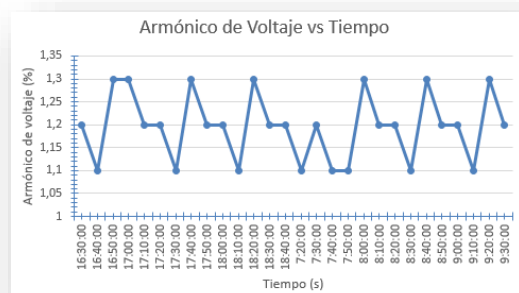


Anexo H-5 Armónico de voltaje (%) Vs Tiempo (s)

13/08/2015

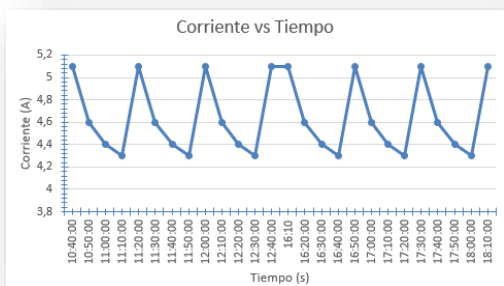


18/08/2015

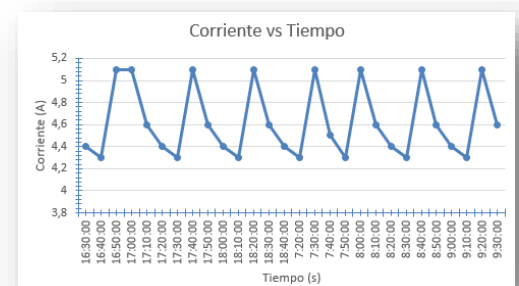


Anexo H-6 Corriente (A) Vs Tiempo (s)

13/08/2015

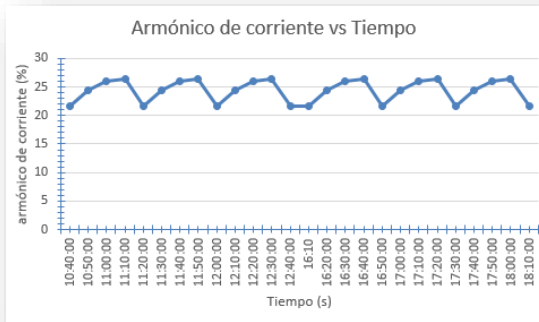


18/08/2015



Anexo H-7 Armónico de corriente (%) Vs Tiempo (s)

13/08/2015



18/08/2015

