

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN
AUTOMÁTICO USANDO UN MICROCONTROLADOR ARDUINO Y
SENSORES DE HUMEDAD DE SUELO PARA EL PROGRAMA
“TERRITORIOS QUE SANAN”**

**IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA-MECÁNICA DEL
SISTEMA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTROMECAÁNICA**


CÉSAR DAVID GUANO PILCO

DIRECTOR: Ing. ALAN DANIEL CUENCA SÁNCHEZ, MSC.

DMQ, febrero 2023

CERTIFICACIONES

Yo, CÉSAR DAVID GUANO PILCO declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

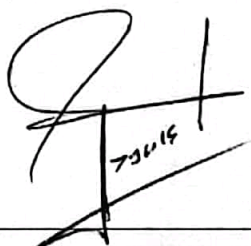


CÉSAR DAVID GUANO PILCO

cesar.guano@epn.edu.ec

cesar.guano@outlook.es

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por CÉSAR DAVID GUANO PILCO, bajo mi supervisión.



Ing. ALAN DANIEL CUENCA SANCHEZ, MSC.

DIRECTOR

alan.cuenca@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

CÉSAR DAVID GUANO PILCO

Correo: cesar.guano@epn.edu.ec

Teléfono: 0999721861

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación va dedicado a Dios, por ser la fuente de fe, esperanza, e inspiración para nunca darme por vencido y seguir adelante cumpliendo todos mis objetivos.

A mis padres y hermanos, personas que siempre me han apoyado sin pedir nada a cambio, ellos con su sonrisa y amable atención me han brindado toda seguridad para culminar con éxito esta etapa universitaria.

A mis familiares y amigos, quienes con su cariño y consejos han permitido fortalecerme y ser un mejor amigo y persona.

César Guano

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por haber sido mi guía y mi fortaleza a lo largo de mi vida y especialmente en mi estancia en esta etapa universitaria, por estar presente en mis momentos de debilidad y brindarme la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida.

Así también doy gracias a mis padres Luis y Laura por el apoyo brindado a lo largo de mi carrera, por las sugerencias y la motivación de seguir adelante y nunca desfallecer en el camino conmigo.

Por último y para nada menos importantes agradezco a los docentes de la Escuela de Formación de Tecnólogos haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi carrera.

César Guano

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
1.4 Marco teórico	3
2 METODOLOGÍA	6
2.1 Requerimientos del sistema.....	6
2.2 Dimensionamiento del sistema mecánico.....	7
2.3 Dimensionamiento del sistema eléctrico.....	19
2.4 Construcción del sistema electromecánico.....	22
2.5 Manual de uso y mantenimiento	34
3 RESULTADOS.....	35
3.1 Pruebas y Análisis de resultados	35
4 CONCLUSIONES	39
5 RECOMENDACIONES	40
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
7 ANEXOS.....	42
7.1 Anexo I. Porcentaje de similitud generado por Turnitin	42
7.2 Anexo II. Certificado de funcionamiento del Trabajo	43
7.3 Anexo III. Fichas Técnicas	44
7.4 Anexo IV. Planos.....	49
7.5 Anexo V. Certificado de aprobación por parte del PNUD	50

RESUMEN

El presente trabajo de titulación, “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN AUTOMÁTICO USANDO UN MICROCONTROLADOR ARDUINO Y SENSORES DE HUMEDAD DE SUELO PARA EL PROGRAMA “TERRITORIOS QUE SANAN” con su componente “IMPLEMENTACIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA-MECÁNICA DEL SISTEMA”, tiene como objetivo realizar el riego por aspersión para un terrero con pendiente ubicado en Tumbaco. El sistema funciona con dos bombas colocadas en serie que abastecen a cuatro aspersores que operan de manera individual, cada aspersor cuenta con una válvula que controla el paso del agua, por otra parte, los componentes eléctricos se encuentran dentro de un gabinete con protección contra polvo y salpicaduras empotrado en pared. Este trabajo consta de siete apartados que detallan la realización del proyecto, estos se mencionan a continuación:

En el primer apartado se explica de forma detallada el componente desarrollado, así como, objetivos, el alcance del proyecto y finalmente un sustento teórico necesario para construir correctamente el sistema de riego.

El apartado dos menciona todo lo relacionado a la metodología utilizada para la implementación del sistema eléctrico-mecánico. La disposición de este apartado está basada según el orden en el que se encuentran descritos los objetivos específicos.

En el apartado tres consta todo lo relacionado a los resultados conseguidos luego al dimensionamiento e implementación tanto de los elementos eléctricos como del sistema mecánico.

En el apartado cuatro se describen las conclusiones originadas a partir de todo el desarrollo del dimensionamiento e implementación realizada en campo. El apartado cinco contiene las recomendaciones, estas surgen en función del análisis de resultados, y las posibles mejoras y lineamientos futuros del proyecto.

En el apartado seis se ubica un listado de las referencias bibliográficas que se utilizaron a lo largo del trabajo de titulación para consignar y sustentar la información que contiene el mismo. Por último, el apartado siete abarca los anexos con información complementaria que se necesitó para validar y facilitar la comprensión de diversas particularidades del proyecto.

PALABRAS CLAVE: Tablero eléctrico, sistema mecánico, sistema de riego, PNUD.

ABSTRACT

This titling project, "IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC SPRINKLER IRRIGATION SYSTEM USING AN ARDUINO MICROCONTROLLER AND SOIL MOISTURE SENSORS FOR THE PROGRAM "TERRITORIOS QUE SANAN" with its component "IMPLEMENTATION OF THE ELECTRICAL-MECHANICAL PART OF THE SYSTEM", has as an objective to carry out sprinkler irrigation for a sloping plot of land located in Tumbaco. The system works with two pumps placed in series that supply four sprinklers that operate individually, each sprinkler has a valve that controls the flow of water, on the other hand, the electrical components are inside a dust-protected cabinet. and built-in wall splashes.

This work consists of seven sections that detail the realization of the project, these are mentioned below:

In the first section, the developed component is explained in detail, as well as the objectives, the scope of the project and finally a theoretical support necessary to correctly build the irrigation system.

Section two mentions everything related to the methodology used for the implementation of the electrical-mechanical system. The layout of this section is based on the order in which the specific objectives are described.

Section three contains everything related to the results obtained after the sizing and implementation of both the electrical elements and the mechanical system.

Section four describes the conclusions originated from all the development of the sizing and implementation carried out in the field. Section five contains the recommendations, these arise based on the analysis of results, and the possible improvements and future guidelines of the project.

In section six there is a list of the bibliographical references that were used throughout the degree work to record and support the information contained therein. Finally, section seven contains the annexes with complementary information that was needed to validate and facilitate the understanding of various particularities of the project.

KEY WORDS: Electrical panel, mechanical system, irrigation system, UNDP.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

El agua representa el 80% del total del peso de una planta, además que este es el medio de transporte de los nutrientes del suelo y en el proceso de fotosíntesis, el agua se mezcla con el dióxido de carbono para formar la biomasa [1]. La disponibilidad de agua es el factor prioritario para la producción agrícola, cuando el suelo no tiene la cantidad necesaria de agua ya sea por falta de lluvia, vertientes naturales, o riegos tradicionales el suelo no garantiza una buena producción de agrícola.

Además, se vuelve un problema si el terreno a regarse no cuenta con una fuente constante de agua, se encuentra empinado y además es extenso, esto implica que, el riego se debe realizar manualmente, por lo que el usuario debe acarrear agua desde lugares lejanos en recipientes para luego regar en cada una de las plantas. Con base en esto, este trabajo se torna muy desgastante y agotador si no se cuenta con un sistema de riego automatizado. También, se debe resaltar que, un sistema de riego automatizado por aspersión resulta muy costoso en el mercado local.

Tomando en cuenta lo anterior, este proyecto propone la construcción de un sistema de riego por aspersión automatizado de bajo costo para un terreno de la parroquia de Tumbaco en Plazapamba. El sistema de riego responde a la necesidad de mantener plantas medicinales sanas y saludables durante todas las épocas del año de los terrenos de las personas pertenecientes al Programa "Territorios que Sanan" de la Plataforma Primero de Mayo ubicado en San Roque concretamente a los usuarios del terreno ubicado geográficamente en las coordenadas -0.240398, -78.382904. Este proyecto se enfoca en minimizar el esfuerzo físico que esta tarea demanda, optimizar tiempos de riego, tiempos de producción y además reducir el costo que implica la fabricación de un sistema de riego de este tipo. Para responder a todos estos requerimientos el sistema tiene un tablero con elementos eléctricos y electrónicos y un sistema mecánico dimensionados de tal manera que funcionen eficientemente sin que estos se puedan dañar antes, durante y después de su utilización. Así mismo, este proyecto puede ser mejorado utilizando técnicas de los sistemas de riego automatizados.

En el Anexo II se muestra el certificado de aprobación del proyecto y en el Anexo V se encuentra el certificado firmado por el representante del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), validando el proyecto realizado.

1.1 Objetivo general

Implementar un sistema de riego por aspersión automático usando un microcontrolador y sensores de humedad de suelo.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar un estudio de requerimientos del sistema.
- Implementar el sistema mecánico.
- Implementar el sistema eléctrico.
- Realizar pruebas y análisis de resultados.

1.3 Alcance

La implementación del sistema de riego por aspersión automatizado en el terreno ubicado en Plazapamba de la parroquia de Tumbaco perteneciente a la señora Mirian Soria de 1864 (m²) con una inclinación de 30°, en su parte eléctrica tiene como objetivo alimentar un módulo eléctrico, por otro lado, la parte mecánica tiene como finalidad el desarrollo de un sistema capaz de alimentar cuatro aspersores de manera individual con un conjunto de dos bombas en serie desde un tanque de almacenamiento. Los aspersores serán accionados individualmente con una válvula tipo bola ubicada en la entrada del aspersor en un ramal de la línea de distribución principal. El bosquejo del sistema de riego desarrollado en el proyecto de vinculación se observa en la Figura 1.1.

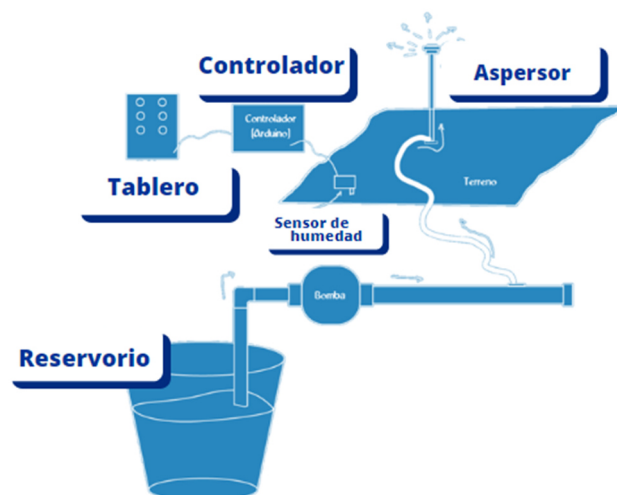


Figura 1.1 Esquema general del sistema de riego.

1.4 Marco teórico

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

El PNUD es una agencia de las Naciones Unidas para el desarrollo internacional, trabaja en 170 países y territorios para eliminar la pobreza y disminuir la desigualdad. Apoya a los países a desenvolver políticas, destrezas de liderazgo, capacidades institucionales, y a aclarar la resiliencia para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [2]. En la Figura 1.2 se observa el logotipo de la PNUD.

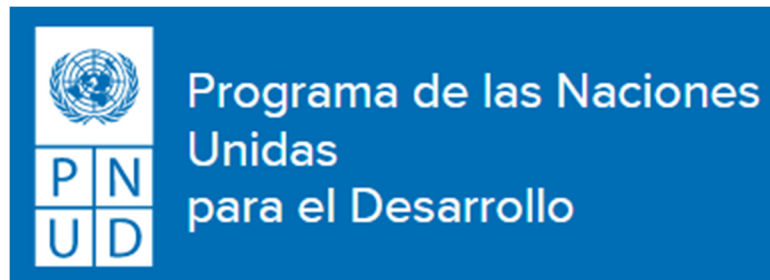


Figura 1.2 Logotipo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Territorios que Sanan

El Proyecto Territorios que Sanan, es una iniciativa del Museo de la Ciudad y la Plataforma Primero de Mayo ubicado en San Roque, con la cooperación técnica del PNUD para aportar a las comerciantes en la mantención de los ecosistemas naturales de Quito, el conocimiento ancestral y la salud de la ciudad [3]. En la Figura 1.3 se muestra una persona beneficiaria del proyecto “Territorios que Sanan”.



Figura 1.3 Sra. María Transito, yerbatera de la Plataforma Primero de Mayo y miembro del Proyecto “Territorios que Sanan”

Sistema de riego automatizado

El sistema de riego automatizado es un conjunto de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos que conectados de tal manera permiten optimizar el riego del agua en cultivos

a través de sensores que miden la humedad del suelo. Para observar el esquema del sistema de riego mencionado véase la Figura 1.4.

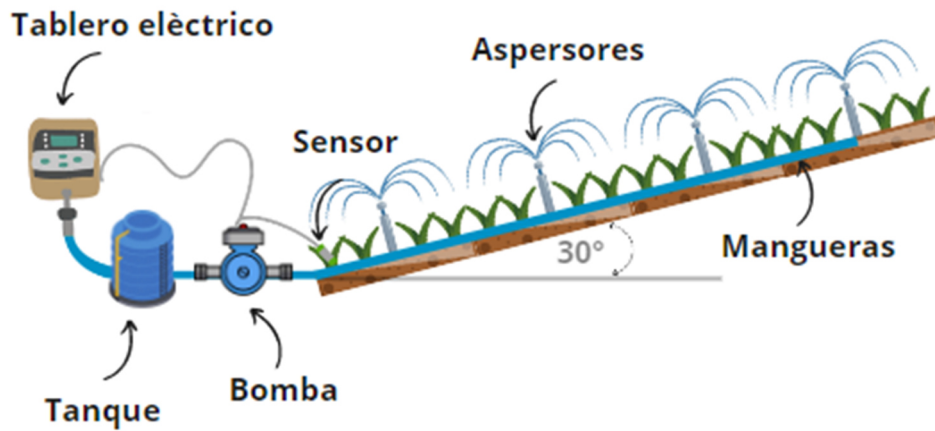


Figura 1.4. Sistema de riego automatizado con aspersores artesanales

Tablero eléctrico

El tablero eléctrico se encarga de poner en operación las bombas del sistema de riego, por consiguiente, también el de los aspersores del sistema mecánico a través de una serie de elementos tales como un disyuntor, un contactor, tres pulsadores, un selector de tres posiciones y borneras para su alimentación. En la Figura 1.5 se observa el tablero eléctrico para el riego.



Figura 1.5 Tablero eléctrico del sistema de riego

Sistema mecánico

El sistema mecánico para el mecanismo de riego consta una unidad de bombeo de agua, el mismo es abastecido por un tanque de almacenamiento, a la bomba se conecta la

manguera principal de riego y esta a su vez alberga ramales laterales para conectarse al aspersor [4]. En la Figura 1.6 se observa las partes de un sistema mecánico.

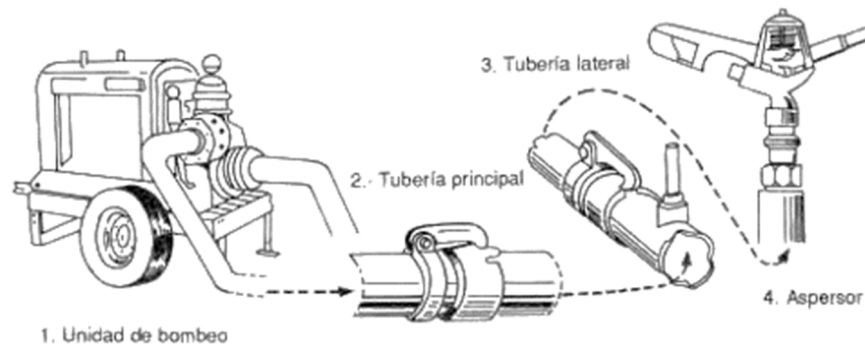


Figura 1.6 Partes de un equipo de riego por aspersión.

Riego por aspersión

Consiste en emplear agua como si fuera cuando se produce lluvia, esto quiere decir, riego a través de chorros de agua pulverizada en forma de gotas a través de aspersores [4]. En la Figura 1.7 se observa una ilustración del riego por aspersión.



Figura 1.7 Riego por aspersión.

2 METODOLOGÍA

Se realizó un estudio técnico in situ para la construcción del sistema de riego con el fin de determinar los elementos eléctricos y mecánicos necesarios para su producción e implementación, además se estimó un presupuesto de los costos que conllevan en el proceso de construcción, los elementos se adquirieron en base a un proceso de dimensionamiento y disponibilidad en los diferentes catálogos de proveedores locales. Los planos eléctrico y mecánico se diseñaron utilizando el *software* AutoCAD.

Para la adquisición de los elementos se realiza el dimensionamiento tomando en cuenta los requerimientos y las características del terreno. Para la elección del conductor se utilizó el criterio de la corriente sobredimensionada, esta es igual a 1.24 veces la corriente nominal, con base a esto se continua con el disyuntor y finalmente con el contactor. Por otro lado, la bomba, manguera, aspersores y demás artículos propios de un sistema de bombeo como acoples, uniones, etc., se dimensionaron y se adquirieron con base a las características geográficas del terreno.

Los elementos del sistema eléctrico están dispuestos dentro de un tablero el cual servirá de protección contra polvo y salpicaduras propios del terreno, por otro lado, en el sistema mecánico, la bomba es abastecida de agua desde un reservorio para distribuir a través de una línea principal de manguera hacia los aspersores.

Finalmente, se realizaron pruebas para evidenciar el funcionamiento del sistema comprobando la correcta activación de las bombas, red de riego por aspersión y tablero eléctrico.

2.1 Requerimientos del sistema

El sistema de riego automático cubre un área útil de riego de 1864(m²) con una pendiente de 30° desde el pie del terreno a regarse. Es necesario que el lugar donde se realiza la implementación cuente con una constante fuente de agua con un reservorio de agua o tanque y así también, una fuente de electricidad para alimentar el tablero eléctrico.

El riego se apoya de bombas periféricas conectadas en serie para aumentar la presión consiguiendo que el sistema cumple con el objetivo de riego, el tablero eléctrico tiene una protección, la cual es resistente al polvo y a salpicaduras en condiciones cerradas, mientras el tablero se encuentre abierto para su operación es susceptible a mojarse o a que ingrese partículas de polvo.

Finalmente, en la Figura 2.1 se observa el esquema general del sistema de riego.

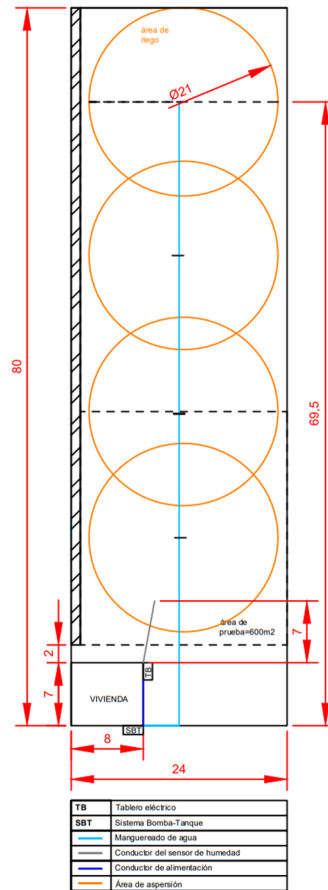


Figura 2.1. Esquema general del sistema de riego.

2.2 Dimensionamiento del sistema mecánico

Antes de empezar al dimensionamiento mecánico se tuvo en cuenta algunos factores, la longitud del terreno a regarse es de 69.5(m) de largo, sin embargo, se añadió 10.5(m) a esta como un factor de sobredimensionamiento por si el usuario quiere mover los puntos de aspersión, para este riego se disponen de aspersores con un caudal de 25(L/min) los mismos que funcionan a una presión de 40-50(psi), cabe mencionar que esta zona de trabajo tiene una inclinación de 30°, también se dispone de una manguera de polietileno de 3/4(in).

- **Dimensionamiento de la bomba**

Para dimensionar una bomba se usan algunos principios y criterios de fluidos para transmisión de potencia, estos se describen a continuación:

Principio de continuidad

Por el principio de continuidad se sabe que la cantidad de fluido (Q) circulando en una determinada sección es la misma en cualquier otra parte de la tubería en un determinado

tiempo, siempre y cuando no se agregue o elimine fluidos externos [5], matemáticamente se describe en la Ecuación 2.1

$$Q_1 = Q_2; A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Ecuación 2.1. Principio de continuidad

Donde:

Q : Flujo o caudal $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

A : Área de la manguera (m^2)

V : Velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$

Se sabe que en el mercado local existen aspersores y mangueras de un diámetro interno en común de 3/4(in), cabe recalcar que a diámetros iguales entre accesorios las pérdidas serán menores, además, tomando en cuenta que el aspersor tiene un caudal de 25 (l/min) ó 0.0004167(m³/s) se procedió a calcular la velocidad del fluido de la siguiente manera.

La sección de una circunferencia es igual a:

$$A = \frac{\pi \times (D)^2}{4}$$

Ecuación 2.2. Fórmula del área

Entonces el área de la manguera:

$$A = \frac{\pi \times \left(\frac{3}{4}(in)\right)^2}{4}$$

Transformando las unidades al Sistema Internacional (SI) se obtiene:

$$A = 0.0004167(m^2)$$

Por principio de continuidad, despejando la velocidad se tiene:

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{0.0004167\left(\frac{m^3}{s}\right)}{0.0002865(m^2)}$$

$$V = 1.462\left(\frac{m}{s}\right)$$

Número de Reynolds

El número de Reynolds indica la naturaleza del fluido, son flujos lentos o suaves a aquellos números menores a 2300, es decir, flujo laminar, por otro lado, flujos rápidos e irregulares a los números mayores a 4000, es decir, flujo turbulento [5]. Se determina mediante la Ecuación 2.3

$$Re = \frac{V \times D \times \rho}{\mu}$$

Ecuación 2.3. Número de Reynolds

Donde:

Re : Número de Reynolds

V : Velocidad promedio del fluido $\left(\frac{m}{s}\right)$

D : Diámetro de la manguera (m^2)

ρ : Densidad de flujo $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

μ : Viscosidad dinámica $\left(\frac{Kg}{m*s}\right)$

Para determinar el número de Reynolds es necesario considerar las propiedades de los fluidos a temperatura ambiente 20(°C) y a 1(atm) de presión, en este caso, las propiedades de agua, estas se indican en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Propiedad del agua a 20(°C) y 1(atm)

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad (ρ)	998	$\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$
Viscosidad dinámica (μ)	0.001002	$\left(\frac{Kg}{m*s}\right)$
Peso específico (γ)	9790	$\left(\frac{N}{m^3}\right)$

Entonces se tiene lo siguiente:

$$Re = \frac{1.462 \left(\frac{m}{s}\right) \times 0.01905(m) \times 998 \left(\frac{Kg}{m^3}\right)}{0.001002 \left(\frac{Kg}{m*s}\right)}$$

$$Re = 27738$$

Dado que el número de Reynolds calculado es mayor a 4000 se determina que se tiene un flujo turbulento.

Ecuación de Colebrook-White

La ecuación de Colebrook se usa luego de determinar que el flujo es turbulento, esta permite determinar el factor de fricción de Darcy, dicha ecuación se observa a continuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\left(\frac{\varepsilon_r}{3.7} \right) + \left(\frac{2.51}{Re \times \sqrt{f}} \right) \right)$$

Ecuación 2.4. Ecuación de Colebrook

Donde:

f : Factor de fricción de Darcy

$\frac{\varepsilon_r}{D}$: Rugosidad relativa

D : Diámetro de la manguera (m^2)

Re : Número de Reynolds

Se sabe que la manguera es de polietileno, es un plástico con paredes internas lisas, en la Figura 2.2 se observa el valor de ε para este material.

Material	Rugosidad ε	
	ft	mm
Vidrio, plástico	0 (liso)	
Concreto	0.003-0.03	0.9-9
Duela de madera	0.0016	0.5
Hule, alisado	0.000033	0.01
Tubería de cobre o latón	0.000005	0.0015
Hierro fundido	0.00085	0.26
Hierro galvanizado	0.0005	0.15

Figura 2.2. Valores de rugosidad equivalentes para tuberías comerciales nuevas

Por lo tanto, el valor de $\frac{\varepsilon_r}{D}$ es igual a cero.

Dicho esto, el factor de fricción sería el siguiente:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\left(\frac{0}{3.7} \right) + \left(\frac{2.51}{27738 \times \sqrt{f}} \right) \right)$$

Para poder resolver esta operación se hizo uso del programa de resolución de ecuaciones denominado *Engineering Equation Solver* (EES) [6], véase la Figura 2.3

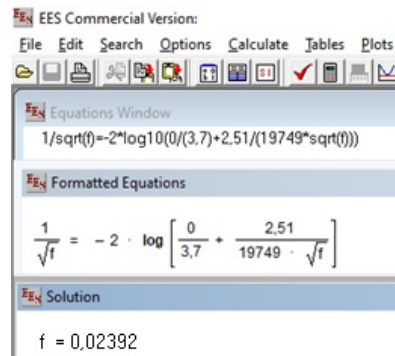


Figura 2.3. Cálculo del del factor de fricción usando EES

Se tiene un factor de fricción f igual a:

$$f = 0.02392$$

Pérdidas mayores

Para determinar las pérdidas mayores se usó la ecuación de Darcy, estas pérdidas se dan por la fricción del fluido con la tubería [5]. Véase la Ecuación 2.5:

$$h_{mayores} = \frac{f \times L \times V^2}{2 \times D \times g}$$

Ecuación 2.5. Ecuación de Darcy

Donde:

$h_{mayores}$: Pérdidas mayores (m)

f : Factor de fricción de Darcy

L : Longitud de la manguera (m)

V : Velocidad promedio del fluido $\left(\frac{m}{s}\right)$

D : Diámetro de la manguera (m^2)

g : Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

Se sabe que la longitud para el riego del terreno es de 80(m), entonces, todas las variables para esta ecuación son conocidas, por lo tanto, se calcula las pérdidas menores de la siguiente manera:

$$h_{mayores} = \frac{0.02392 \times 80(m) \times \left(1.462 \left(\frac{m}{s}\right)\right)^2}{2 \times 0.01905(m) \times 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h_{mayores} = 10.94(m)$$

Por lo tanto, las pérdidas mayores para una manguera de polietileno de 3/4(in) de diámetro, 80(m) de longitud y un caudal de 25(l/min) es igual a 10.94(m).

Pérdidas menores

Son todas las pérdidas que se dan en cada accesorio del sistema [5]. Para calcular estas se toma en cuenta la Ecuación 2.6

$$h_{menores} = \frac{k_T \times V^2}{2 \times g} + h_{aspersor}$$

Ecuación 2.6. Pérdidas menores

Donde:

$h_{menores}$: Pérdidas menores (m)

k_T : Coeficiente de resistencia total en accesorios (m)

V : Velocidad promedio del fluido $\left(\frac{m}{s}\right)$

g : Gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

El coeficiente de resistencia depende de la geometría, del diámetro, etc. de cada accesorio presente en el sistema [5].

- **Pérdida en los accesorios**

El libro titulado Mecánica de fluidos de los autores Yunus A. Cengel y John. Cimbala [5] sugiere los valores de K para los siguientes accesorios:

Salida del tanque

Existen pérdidas en el acople conector del tanque, si el accesorio tiene una entrada con borde agudo, el valor de esta pérdida se observa en la Figura 2.4.

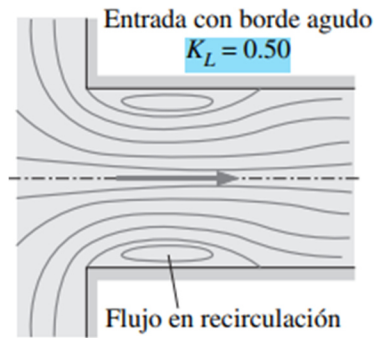


Figura 2.4. Valor de la pérdida en la salida del tanque

Reducción repentina

Se sabe que el accesorio tiene un reductor repentino con un diámetro mayor de 1(in) y un menor de 3/4(in), para este caso se buscó el valor K observando la gráfica d^2/D^2 VS K_L , Véase la Figura 2.5

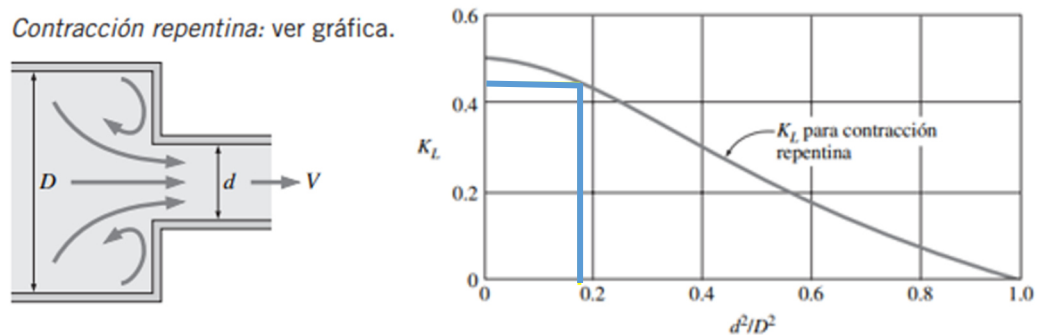


Figura 2.5. Valor de pérdida en un reductor repentino

La relación entre el diámetro menor al cuadrado y el diámetro mayor al cuadrado es igual:

$$\frac{d^2}{D^2} = \frac{\left(\frac{3}{4}\right)^2}{1^2} = 0.19$$

Por lo tanto, por medio de la gráfica con un d^2/D^2 igual a 0.19 se tiene una k del reductor repentino aproximada a 0.44.

Reducción gradual

Para un reductor gradual se toman en cuenta los diámetros y los grados que existen en dicha reducción, si esta es de 20° , se sabe que los diámetros son 3/4(in) y 1/2(in), para determinar k según se observa en la Figura 2.6

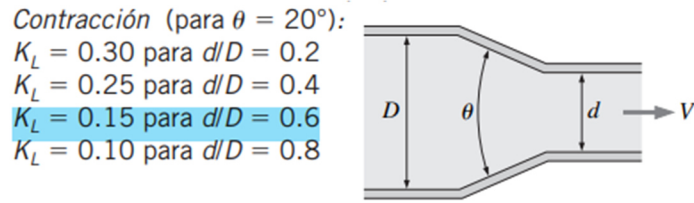


Figura 2.6. Valor de k para reductor gradual

De la relación entre el diámetro menor y mayor

$$\frac{d}{D}$$

Se tiene

$$\left(\frac{1}{\frac{2}{3}} \right)$$

$$(0.6)$$

Por lo tanto, según la Figura 2.6 el valor de k para un reductor gradual de 20° y una relación de diámetro d/D es igual a 0.15

Expansión repentina

La representación de este accesorio se observa en la Figura 2.7 a continuación.

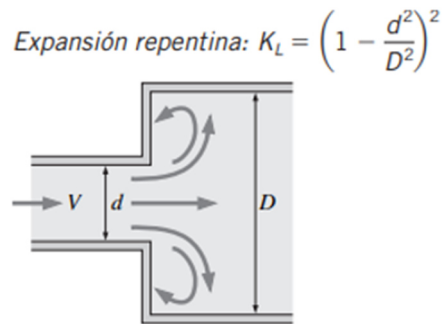


Figura 2.7. Valor de k para un expansor repentina

Se sabe que los diámetros son 1/2(in) y 1(in), para calcular k en un expansor repentino se sugiere usar la Ecuación 2.7 [4]:

$$K = \left(1 - \frac{d^2}{D^2} \right)^2$$

Ecuación 2.7. Pérdidas en una expansión repentina

Entonces, se tiene:

$$k = \left(1 - \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{1^2} \right)^2$$

$$k = 0.56$$

Se determina que el valor de k para una expansión repentina de diámetros iguales a 1/2(in) y 1(in) es de 0.56.

Válvula antirretorno y de bola

El valor de k sugerido para una válvula antirretorno es de 2, por otro lado, para una válvula de bola k es igual a 0.05, esto se observa en la Figura 2.8 a continuación. En total son 4 válvulas tipo bola, en resumen, un k total de válvulas tipo bola de 0.2 y un k para las de antirretorno igual a 2.

Válvulas
Válvula de globo, totalmente abierta: $K_L = 10$
Válvula de ángulo, totalmente abierta: $K_L = 5$
Válvula de bola, totalmente abierta: $K_L = 0.05$
Válvula de charnela: $K_L = 2$

Figura 2.8. Valor k para diferentes tipos de válvulas.

Unión roscada

El valor de k sugerido para una unión roscada es de 0.08, véase la Figura 2.9.

Unión roscada:
 $K_L = 0.08$

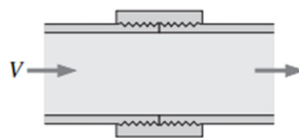


Figura 2.9. Valor k para una unión roscada

En total existen 4 uniones de este tipo, entonces, se dispone k totales para uniones igual a 0.32.

Conexión en T

Para determinar el valor de las pérdidas presentes en un accesorio tipo T se tomó en cuenta que el flujo en la línea crítica es lineal y además es roscado, por lo tanto, el valor de k es igual a 0.9. Véase este valor en la Figura 2.10.

Conexión en T (flujo en línea):
 Embrizado: $K_L = 0.2$
 Roscado: $K_L = 0.9$

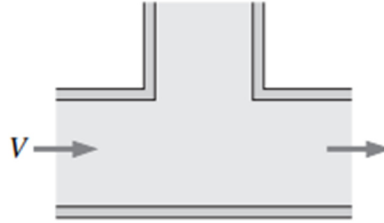


Figura 2.10. Valor k para una unión roscada

Se sabe que usaron 3 de estos accesorios, entonces, se multiplica por el número de “T” usadas en el sistema, obteniendo un total de 2.7.

Por otro lado, una vez encontradas las pérdidas que existen en los accesorios del sistema se procedió a calcular el coeficiente de fricción total k_T , para esto, se determina la Ecuación 2.8.

$$k_T = \sum k_{\text{accesorios}}$$

Ecuación 2.8. Coeficiente de fricción total

Entonces, se suman los k que se determinó anteriormente:

$$k_T = 0.15 + 2 + 0.44 + 2.7 + 0.5 + 0.30 + 0.56 + 0.05$$

$$k_T = 6.72$$

Para calcular la pérdida del aspersor se tomó en cuenta la presión y caudal del mismo, entonces se aplica la siguiente expresión:

$$P_{\text{aspersor}} = \rho \times g \times h_{\text{aspersor}}$$

Ecuación 2.9. Presión hidrostática

Donde:

P_{aspersor} : Presión del aspersor (Pa)

ρ : densidad del agua $\left(\frac{Kg}{m^3}\right)$

g : gravedad $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$h_{aspersor}$: pérdida en el aspersor (m)

Desarrollando se tiene:

$$h_{aspersor} = \frac{344738(Pa)}{988 \left(\frac{Kg}{m^3}\right) \times 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)}$$

$$h_{aspersor} = 35.21(m)$$

Resolviendo la Ecuación 2.6 de pérdidas menores, se tiene:

$$h_{menores} = \frac{6.72 \times \left(1.461 \left(\frac{m}{s}\right)\right)^2}{2 \times 9.81 \left(\frac{m}{s^2}\right)} + 35.21(m)$$

$$h_{menores} = 35.94(m)$$

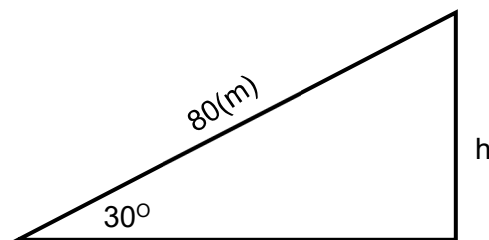
Entonces, el sistema tiene un total de pérdidas menores igual a 35.94(m).

Una vez calculadas las pérdidas mayores y las pérdidas menores se aplicó la Ecuación 2.10 para encontrar las pérdidas totales.

$$H = h_{mayores} + h_{menores} + h_{\Delta altura}$$

Ecuación 2.10. Fórmula para determinar las pérdidas totales

Pero antes, se sabe que la longitud del terreno a regarse es de 80(m) y tiene una indicación de 30° , entonces por proceso trigonométrico se procede a obtener la altura de la siguiente manera:



$$\text{Sen}(\alpha) = \frac{\text{cateto opuesto}}{\text{hipotenusa}}$$

Ecuación 2.11. Función seno

Se tiene:

$$\text{Sen}(30^\circ) = \frac{h}{80(m)}$$

$$h = 40(m)$$

Entonces, desarrollando la Ecuación 2.10 se tiene:

$$H = 35.94(m) + 10.94(m) + 40(m)$$

$$H = 86.89(m)$$

En el sistema existe un total entre pérdidas menores, mayores y altura de 86.89(m).

Para calcular la potencia del motor se toma en cuenta el peso específico del agua, el caudal a satisfacer y las pérdidas totales del sistema y así también la eficiencia de la bomba. La expresión de cálculo de potencia de la bomba se observa en la Ecuación 2.12 a continuación:

$$P_{Bomba} = \frac{\gamma \times Q \times H}{n}$$

Ecuación 2.12. Potencia de la bomba

Donde:

P_{Bomba} : Potencia de la bomba(HP)

γ : Peso específico del agua $\left(\frac{N}{m^3}\right)$

H: Pérdidas totales(m)

n: Eficiencia de una bomba

Nota: un motor o una bomba nunca tiene una eficiencia del 100(%), por lo que se asume una eficiencia de 70(%), dado que, es un valor promedio presente en bombas de agua en el mercado local, además *Yunus Cengel* en el libro mencionado sugiere una eficiencia de la bomba de 70(%) y además que este valor puede estar entre 50 y 85(%) [5].

Resolviendo se tiene

$$P_{Bomba} = \frac{9790 \left(\frac{N}{m^3}\right) \times 0.0004167 \left(\frac{m^3}{s}\right) \times 86.89(m)}{\frac{0.70}{745.7(HP)}}$$

$$P_{Bomba} = 0.679(HP) \text{ ó } 506.38(W)$$

Este valor se divide para 745.7(HP) para obtener la potencia de la bomba en HP, unidades de potencia para seleccionar una bomba de agua.

$$P_{Bomba} = 0.679(HP)$$

Por lo general, se busca aproximar este valor a su inmediato superior, dado que, en el mercado no existen bombas de valores fraccionales, entonces, la potencia final de la bomba es de 1(HP).

2.3 Dimensionamiento del sistema eléctrico

- **Dimensionamiento del conductor**

Con el voltaje línea-línea igual 110(V), la potencia establecida para la bomba de 1(HP) y el factor de potencia de un motor a plena carga de 0.9 [5], se define la corriente nominal con la siguiente expresión:

$$I_{nominal} = \frac{\text{Factor de Potencia} \times \text{Potencia}_{Bomba}}{\text{Voltaje}_{\text{línea-línea}}}$$

Ecuación 1.13. Corriente nominal del conductor

Usando la Ecuación 1.13 se obtiene:

$$I_{nominal} = \frac{0.9 \times 745.7(W)}{110(V)} = 6.10(A)$$

Dado que, se tiene la corriente nominal del conductor, ahora, se puede calcular la corriente sobredimensionada para luego seleccionar el conductor necesario para el sistema:

$$I_{sobredimensionada} = 1.25 \times I_{nominal}$$

Ecuación 1.14. Corriente sobredimensionada del conductor

De la Ecuación 2.14 se tiene:

$$I_{sobredimensionada} = 1.25 \times 6.10(A)$$

$$I_{sobredimensionada} = 7.63(A)$$

Con esta corriente se elige un conductor. La Figura 2.11 muestra el conductor que cumple con esta corriente, el cual es de cobre THHW calibre AWG número 14 con una capacidad de corriente de 25(A), además es aislado con Policloruro de Vinilo (PVC), resistente a la humedad y calor elevado, dado que, va a estar sometido a la intemperie [10].

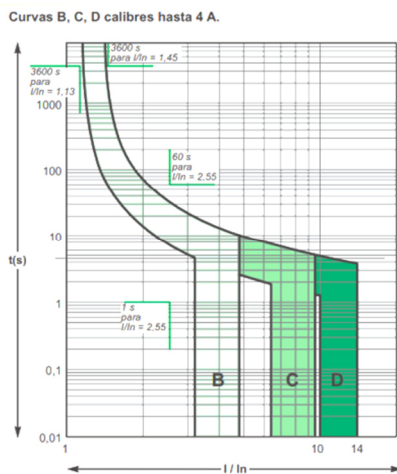
Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, resistente a la humedad y calor elevado.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente (A)
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,31	25
12	3,31	1	0,76	3,57	38,62	30

Figura 2.11. Conductor de cobre THHW calibre AWG número 14 con capacidad de corriente de 25(A)

• Dimensionamiento del disyuntor

Teniendo en cuenta los tipos de curvas y calibres según la norma internacional IEC 60898 indicados en la Figura 2.12, se escoge un disyuntor tipo C, dado que, el sistema es de uso domiciliario en espacios sin limitaciones y además de 1 polo, porque, el sistema funciona únicamente con una fase.



De curva B
de 1,1 y 1,4 veces In --- efecto térmico
3 y 5 veces In ---- efecto magnético.
zonas de edificios de viviendas con limitaciones

De curva C
1,13 a 1,44 In ---- efecto térmico
entre 5 y 10 veces In ---- efecto magnético
domiciliaria en espacios sin limitaciones.

De curva D
entre 1,1 y 1,4 veces In ---- efecto térmico
entre 10 y 14 veces In ---- efecto magnético
Se utilizan en escenarios industriales.

De curva MA
hasta 12 veces In con un efecto magnético.

De curva Z
se protegen instalaciones con componentes electrónicos.

Figura 2.12 Tipos de curvas y calibres según la Norma Internacional 60898

Luego, con la corriente nominal y la corriente del conductor seleccionado se tiene que corriente del disyuntor se determina de la siguiente expresión:

$$I_{nominal} < I_{disyuntor} < I_{conductor\ seleccionado}$$

Ecuación 2.16. Criterio para la elección del disyuntor

De la ecuación anterior se tiene:

$$6.10(A) < I_{disyuntor} < 25(A)$$

Entonces, se tiene un disyuntor de un polo porque la bomba es monofásica, tipo C y de 10(A), según los valores estándar de disyuntores (Figura 2.113).

Type	1P		2P		3P	
Rating (In)	Curve		Curve		Curve	
	C	D	C	D	C	D
1 A	MGN60862	MGN60506	MGN60875	MGN60518	MGN60888	MGN60530
2 A	MGN60863	MGN60507	MGN60876	MGN60519	MGN60889	MGN60531
3 A	MGN60864	MGN60508	MGN60877	MGN60520	MGN60890	MGN60532
4 A	MGN60865	MGN60509	MGN60878	MGN60521	MGN60891	MGN60533
5 A	MGN60866	MGN60510	MGN60879	MGN60522	MGN60892	MGN60534
10 A	MGN60867	MGN60511	MGN60880	MGN60523	MGN60893	MGN60535
16 A	MGN60868	MGN60512	MGN60881	MGN60524	MGN60894	MGN60536
20 A	MGN60869	MGN60513	MGN60882	MGN60525	MGN60895	MGN60537
25 A	MGN60870	MGN60514	MGN60883	MGN60526	MGN60896	MGN60538
32 A	MGN60871	MGN60515	MGN60884	MGN60527	MGN60897	MGN60539
40 A	MGN60872	-	MGN60885	-	MGN60898	MGN60540
50 A	MGN60873	-	MGN60886	-	MGN60899	-
63 A	MGN60874	-	MGN60887	-	MGN60900	-
Width in 9-mm modules	2		4		6	

Figura 2.13. Valores estándar de disyuntores

- Dimensionamiento del contactor

Para el correcto dimensionamiento del contactor se debe basar en la corriente del disyuntor, este valor debe ser igual o mayor, la expresión es la siguiente:


$$I_{\text{contactor}} > I_{\text{disyuntor}}$$

Ecuación 2.17. Criterio para la elección del contactor

De esta ecuación y del valor de la corriente del disyuntor se tiene:

$$I_{\text{contactor}} > 10(A)$$

En la Figura 2.14 se muestran los valores estándares de los contactores comerciales.



Size	S00 3RT201					S0 3RT202				
Type	3RT2015 3RT2016 3RT2017 3RT2018					3RT2023 3RT2024 3RT2025 3RT2026 3RT2027				
Type	AC, DC operation (p. 3/54, 3/59 - 3/62)					AC, DC operation (p. 3/55, 3/56, 3/63 - 3/65, 3/67)				
AC-3										
$I_n/AC-3/400 V$	A	7	9	12	16	9	12	17	25	32
400 V	kW	3	4	5.5	7.5	4	5.5	7.5	11	15
230 V	kW	1.5	2.2	3	4	2.2	3	4	5.5	7.5
690 V	kW	4	5.5	7.5	11	7.5	11	15	18.5	25
1 000 V	kW	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AC-4 (at $I_n = 6 \times I_n$)										
400 V	kW	3	4	4	5.5	4	5.5	7.5	7.5	11
400 V (200 000 operating cycles)	kW	1.15	2	2	2.5	2	2.6	3.5	4.4	6

Figura 2.14. Valores estándar de contactores comerciales

Además, se revisó la categoría, para esto se revisó la norma IEC 947-4, véase la Figura 2.15 donde se detallan cada una de las categorías con su respectiva aplicación:

CATEGORIA	DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
AC1	Se aplica a todos los aparatos de utilización en corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ($\cos \varphi > 0,95$).	Calefacción, Distribución, iluminación.
AC2	Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso de los motores de anillos. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque del orden de 2,5 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque con una tensión menor o igual a la tensión de la red.	Puentes grúa, grúas pórtico con motores de rotor bobinado.
AC3	Se refiere a los motores de jaula, y el corte se realiza a motor lanzado. Al cierre, el contactor establece la intensidad de arranque con 5 a 7 veces la intensidad nominal del motor. A la apertura, corta la intensidad nominal absorbida por el motor. En este momento la tensión en los bornes de sus polos es del orden del 20% de la tensión de la red, por lo que el corte es fácil.	Todos los motores de jaula, ascensores, escaleras mecánicas, compresores, bombas, ventiladores, etc.
AC4	Esta categoría se refiere a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha por impulso utilizando motores de jaula o de anillos. El contactor se cierra con un pico de corriente que puede alcanzar 5, incluso 7 veces, la intensidad nominal del motor. La tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.	Trefiladoras, metalurgia, elevación, ascensores, etc.

Figura 2.15. Categorías de contactores

La categoría del contactor para el sistema de riego es un AC3, dado que, esta categoría se hizo uso de bombas de agua para el sistema mecánico.


2.4 Construcción del sistema electromecánico

- Selección de componentes

Bomba

Se adquirió una bomba de $\frac{1}{2}$ (HP), dado que, se tenía una bomba de $\frac{1}{2}$ (HP) en el terreno y se indicó que se debía hacer uso de esta y acoplar a las necesidades de este, dicho esto, para acoplar las dos bombas, estas deben ser de las mismas características las cuales se mencionan a continuación en la Tabla 1.2 [8].


Tabla 1.2. Características de la bomba

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
Marca	Paolo
Modelo	PBP-50
Tipo	Periférica
Diámetro de succión	1(in)
Diámetro de entrega	1(in)
Potencia	$\frac{1}{2}$ (HP)
Imagen	
	

Manguera

Para que las pérdidas sean nulas se sugirió la compra una manguera de polietileno, dado que, este material presenta muy poca rugosidad, lo que hace que el flujo del agua no tenga pérdidas a lo largo de la línea crítica, además este material es resistente a la intemperie y a la deriva. Véase la Tabla 1.3.


Tabla 1.3. Características de la manguera

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
Diámetro	$\frac{3}{4}$ (in)
Material	polietileno
Imagen	
	

Aspersor

En la selección del aspersor se usaron criterios técnicos, como el diámetro de aspersión para satisfacer el riego usando un aspersor a lo ancho del terreno, los grados de giro, sin embargo, la entrada es de $\frac{3}{4}$ (in) para seguir con el mismo diámetro de la manguera y evitar el uso innecesario de elementos de acoplamiento y por ende eliminar pérdidas. Se observan las características del aspersor en la Tabla 1.4 [9].


Tabla 1.4. Características del aspersor

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
Diámetro de alimentación	$\frac{3}{4}$ (in)
Diámetro de aspersión	21(m)
Grados de giro	360°
Imagen	
	

Válvula de bola

Se eligió una válvula de bola por criterio técnico para minimizar al máximo las pérdidas que la utilización de estas presenta, además, con un diámetro de 3/4(in) para encajar con el diámetro de la manguera. Véase las características de la válvula mencionada en la Tabla 1.5.


Tabla 1.5. Características de la válvula de bola

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
Diámetro	3/4(in)
Tipo	Bola
Imagen	
	

Válvula *check*

Esta válvula impide el retorno del fluido desde la bomba hacia el reservorio, por el mismo criterio del elemento anterior el diámetro es de 3/4(in), las características se mencionan en la Tabla 1.6 a continuación.

Tabla 1.6. Características de la válvula *check*


Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
Diámetro	3/4(in)
Tipo	Antirretorno
Imagen	
	

Conductor eléctrico

El conductor eléctrico soporta una corriente de 4.71(A) como mínimo, es termoplástico, soporta temperaturas superiores a la del ambiente y además es resistente al agua, esto se

debe a que, el conductor está sometido a la intemperie. A continuación, en la Tabla 1.7 se detallan todas las características y la elección del conductor [10].

Tabla 1.7. Características del conductor eléctrico

Características	
Calibre	AWG#14
Tipo	THHW
I máxima	25(A)
Imagen	
	

Disyuntor

El disyuntor se escogió de tipo C, dado que, la Internacional 60898 indica que este tipo es usado para instalaciones domiciliarias en espacios sin limitaciones, además es monopolar, porque, el sistema necesita de una sola fase. En la Tabla 1.8 se detallan todas las características y la elección del disyuntor [11].


Tabla 1.8. Características del disyuntor

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
I disyuntor	10(A)
Tipo	C
Polos	1 polo
Imagen	
	

Contactador

La selección del contactor se realiza a partir de la corriente del disyuntor, la corriente del contactor es mayor a la del disyuntor seleccionado tomando en cuenta los valores estándares. Obsérvese las características del contactor seleccionado en la Tabla 1.9 [12].


Tabla 1.9. Características del contactor

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
I. Contactor	12(A)
Categoría	AC3
Polos	3
Imagen	
	

Gabinete eléctrico

Se seleccionó un gabinete de acuerdo con los elementos anteriormente mencionados como el disyuntor, contactor y pulsadores. Además, este cuenta con una protección IP 66 contra polvo y salpicaduras, dado que, se instaló en una pared al exterior de la casa. A continuación, se muestran las características de este elemento en la Tabla 1.10.

Tabla 1.10. Características del gabinete eléctrico

Características	
Parámetro/Característica	Magnitud
Largo	30(cm)
Ancho	13(cm)
Alto	40(cm)
Protección IP	66
Imagen	
	

- **Construcción**

Una vez dimensionados, seleccionados y adquiridos los elementos necesarios para implementación del sistema eléctrico-mecánico se procedieron a construir el sistema eléctrico en el laboratorio de Instalaciones Eléctricas de la ESFOT con el fin de realizar pruebas propias de un circuito eléctrico.

Todos los elementos eléctricos se colocaron dentro del tablero, para que estos no queden expuestos al exterior, dicho tablero puede ser cerrado de forma hermética luego de su uso, para esto se procedió a instalar un doble fondo, de tal manera que el disyuntor esté en esta pared frontal para encender y apagar el sistema eléctrico-mecánico, entonces, el contactor y demás elementos están colocados detrás de esta, para una mejor apreciación de los elementos dispuestas detrás de la ventana en mención véase la Figura 2.16.

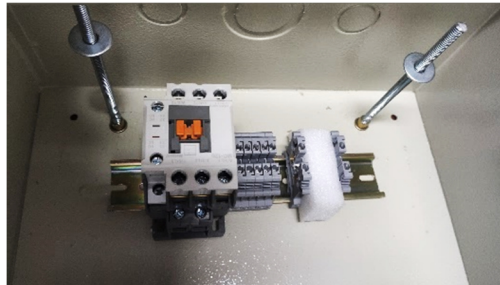


Figura 2.16. Instalación de elementos eléctricos en el gabinete

Para instalar el disyuntor se colocaron varillas roscadas para levantar y separar la ventana de operación del fondo del gabinete, en la Figura 2.17 de observa la ventana de operación.

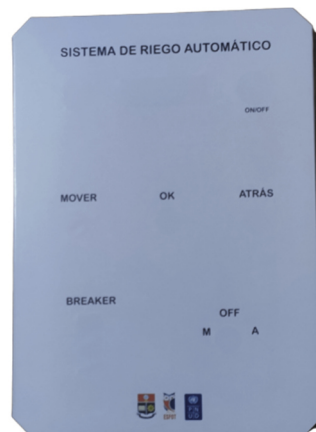


Figura 2.17. Ventana de operación

En la Figura 2.18 se observa el gabinete eléctrico general, este se caracteriza por tener el panel de control al interior del mismo, esto principalmente porque está sometido a las condiciones del medio externo.



Figura 2.18. Gabinete eléctrico del sistema de riego

Nota: El esquema eléctrico que se desarrolló para el tablero se observa en el Anexo IV.

La instalación del tablero in situ se realizó estratégicamente en una de las paredes de la casa, el lugar se determinó con base a la cercanía entre fuente de alimentación, terreno y reservorio de agua. En la Figura 2.19 se observa su instalación.



Figura 2.19. Instalación del gabinete eléctrico

Por otro lado, el sistema mecánico fue construido directamente en el terreno, para este proceso, previamente se colocaron acoples en un tanque reservorio para la conexión de la bomba. Véase la Figura 2.20.



Figura 2.20. Instalación de acoples de conexión con la bomba

Una vez realizados los acoples de conexión se procedió a conectar la bomba, para esto se tomó en cuenta el cebado que esta conlleva para su funcionamiento, por lo cual se conectó una válvula antirretorno tipo *check* en la salida del tanque. Esta válvula impide que el fluido retorne hacia el tanque para que la bomba no succione en vacío, lo cual cabe mencionar, es desfavorable para la vida útil de la bomba. La instalación de esta se ve en la Figura 2.21 a continuación.



Figura 2.21. Instalación de válvula antirretorno entre el tanque y la bomba

Posterior a esto se continuó con la instalación de las bombas y la manguera de distribución principal.

Cabe mencionar que, el acople de las dos bombas se realizó en serie, esto para aumentar la presión. Se conectó de la siguiente manera, la succión de la bomba 2 se conectó al tanque reservorio, la salida de la bomba 2 se conectó a la succión de la bomba 1 y por último, la salida de la bomba 1 a la manguera principal de distribución, en plano de conexión se observa en el Anexo IV, este proceso se observa en la Figura 2.22 a continuación.



Figura 2.22. Instalación bomba-manguera

Luego de conectar la manguera a la salida de la bomba se procedió a distribuir la misma a lo largo del terreno, teniendo un total de 69.5(m) desde la bomba hasta el punto más lejano de riego. En la Figura 2.23 se observa una vista satelital de la línea crítica del sistema de riego.



Figura 2.23. Vista satelital de la línea crítica del sistema de riego

En la Figura 2.24 se observa la distribución de la manguera de polietileno a lo largo del terreno.



Figura 2.24. Distribución de la manguera principal

Posterior a la distribución la manguera se procedió a colocar los ramales de manguera desde la línea crítica para los aspersores, estos se establecieron de 1.5(m) de alto debido a la presencia de algunas plantaciones que superan el metro de altura, además, se tuvo en cuenta que, de los 69.5(m) se restó 7(m) de vivienda y 2(m) por condiciones geográficas presentes en el terreno, entonces la distancia para distribuir los ramales es de 60.5(m).

Además, teniendo en cuenta que se tienen aspersores que riegan un diámetro de 21(m) cada ramal se dispone de una separación de 17(m) teniendo un riego más prolijo. Entonces, se hace uso de 4 ramales a lo largo de la manguera principal.

Para la unión cada ramal se utilizó Tes de 3/4 (m) de diámetro, en la Figura 2.25 se observa este acople.



Figura 2.25. Instalación del ramal de aspersión

Una vez colocado el ramal se procedió a colocar el aspersor con entrada del mismo diámetro de la manguera, para esto se usaron uniones de la misma medida, a continuación, se observa este proceso en la Figura 2.26.



Figura 2.26. Instalación del aspersor

Para que los aspersores se mantengan suspendidos se colocaron estacas, véase la Figura 2.27 a continuación.



Figura 2.27. Colocación de estacas para suspender los aspersores

En la Figura 2.28 se observa la instalación del ramal con su correspondiente aspersor a 1.5(m) de altura desde el suelo.



Figura 2.28. Colocación del aspersor a 1.5(m) de altura desde el suelo

Para controlar cada uno de los aspersores se colocaron válvulas tipo bola en cada rama a 15(cm) de la línea principal, también cabe mencionar que, se colocó la válvula para el cuarto aspersor en la salida del tercero con el fin de evitar subir hasta el último aspersor y así evitar el desgaste físico que esto implica por la pendiente que el terreno presenta, véase en la Figura 2.29 a continuación.



Figura 2.29. Instalación de válvulas en los ramales de aspersión

Por último, en la Figura 2.30 se observa uno de los cuatro aspersores en funcionamiento.



Figura 2.30. Aspersor en funcionamiento en la altura máxima del terreno

Cabe destacar que el aspersor cuenta con funciones de riego de tal manera que permite que el mismo sea controlable tanto la dirección de riego, establecer una sección específica del área que desee regarse, un gancho de bloqueo para que se riegue en un punto específico y una lengüeta para controlar el chorro de agua en la aspersión.

2.5 Manual de uso y mantenimiento

Para establecer el uso correcto del sistema de riego, se elaboró un video que detalla todo el funcionamiento de este, puntualizando las principales acciones de utilización. En la Figura 2.30 se muestra el código QR de acceso al manual de uso. Mientras que en la Figura 2.31 se muestra el código QR de acceso al manual de mantenimiento, donde se detallan las principales recomendaciones para cumplir con el tiempo de vida útil del sistema.



Figura 2.30. Código QR para el manual de uso del sistema de riego.

Enlace: <https://youtu.be/rIUEFMYIMx8>



Figura 2.31. Código QR para el video para el mantenimiento del sistema de riego.

Enlace: <https://youtu.be/ef8MFbvK1YQ>

3 RESULTADOS

3.1 Pruebas y Análisis de resultados

- **Funcionamiento del sistema eléctrico**

Se comprobó que los conductores del tablero eléctrico presenten continuidad en la conexión entre elementos presentes en este. Esta prueba fue realizada con un multímetro en cada uno de los conductores dando una respuesta favorable al final de esta. Véase la Figura 3.1 a continuación.



Figura 3.1. Prueba de continuidad de conductores eléctricos

También, se corroboró que el valor de la tensión suministrada por la red hacia el sistema sea de 110(V), dado que éste es el valor de funcionamiento tanto para los elementos eléctricos como para la bomba de agua de este sistema. Esta prueba se observa en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Prueba de tensión en el tablero eléctrico

El disyuntor se encarga de proteger a todos los elementos eléctricos del tablero, para esta prueba se expuso a una tensión de cortocircuito para que este se accione e interrumpa el flujo de tensión hacia los demás elementos, así pues, evita que estos reduzcan su vida útil o se quemen. Se observa en la Figura 3.3 la prueba realizada.



Figura 3.3. Prueba de cortocircuito en el tablero eléctrico

Por último, el contactor se abre o se cierra correctamente si este detecta una corriente proveniente de una carga cualquiera las veces que sean necesarias sin que este se dañe, cumpliendo su propósito en este sistema. En la Figura 3.4 se observa la prueba del contactor.

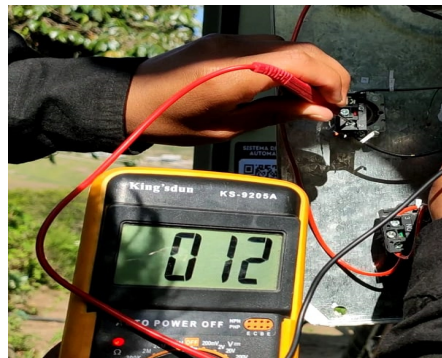


Figura 3.4. Prueba de corriente para el contactor

En la Tabla 3.1 se muestra la validación de las pruebas realizadas a la parte eléctrica del sistema de riego.

Tabla 3.1. Resultados de las pruebas eléctricas realizadas

Elemento	Estado correcto
Continuidad	Ok
Alimentación del sistema	Ok
Disyuntor	Ok
Contactador	Ok

- **Funcionamiento del sistema mecánico**

La bomba es alimentada con una tensión de 110(V), lo que hace que la misma arranque y se mantenga en funcionamiento, en la Figura 3.5 se observa la succión y descarga del agua.



Figura 3.5. Succión y descarga de la bomba

La bomba se dimensionó para que trabaje a una longitud de 80(m) y a una altura de 40(m), para esto, se comprobó que la presión se capaz de activar el aspersor más lejano, en la Figura 3.6 se observa que esta prueba fue superada con satisfacción.



Figura 3.6. Prueba de presión y activación de aspersor en el punto critico

Se sabe que la aspersión es correcta cuando el riego de un aspersor cubre toda el área y no solo las orillas o por el perímetro, en la Figura 3.7 se observa que el chorro de agua se distribuye en todo el radio de aspersión.



Figura 3.7. Pruebas de aspersión

Por último, se abrieron y se cerraron las válvulas para evidenciar el flujo del agua hacia los aspersores, las válvulas funcionan de forma correcta en cada una de las ramificaciones, esto se demuestra en la Figura 3.8, dado que, para que el aspersor funcione las válvulas anteriores deben estar cerradas.



Figura 3.7. Pruebas mecánicas de válvulas tipo bola

En la Tabla 3.2 se muestra la validación de las pruebas realizadas en el sistema mecánico del sistema de riego.

Tabla 3.2. Resultados de las pruebas mecánicas realizadas

Elemento	Estado correcto
Encendido de la bomba	Ok
Succión y descarga de bomba	Ok
Presión de la bomba	Ok
Aspersión	Ok
Válvulas	Ok

Una vez validado el funcionamiento correcto del sistema de riego automatizado se realizó la entrega formal al representante del PNUD (véase la Figura 3.9)



Figura 3.9. Entrega del sistema de riego a Paulina Jiménez, representante de PNUD

4 CONCLUSIONES

- El terreno cuenta con varios tanques reservorios de agua y una fuente de alimentación cercana, sin embargo, la distribución de agua para esta zona solo se presenta dos veces a la semana, por lo que, si no se almacena la suficiente cantidad de agua el sistema no puede ponerse en operación.
- El sistema mecánico funciona únicamente con un ramal abierto a la vez, si se abre dos o más válvulas de los ramales, la presión se cae y por consiguiente el riego no cumplirá para el área inicialmente requerida.
- Se determina que, la potencia de una sola bomba de 1/2 (HP) tiene la presión suficiente para llegar hasta el segundo aspersor, por lo que no es útil utilizar las bombas por separado.
- El sistema de riego al ser automático permite que el usuario disponga de otras tareas mientras riega las plantas, esto no sucedía con el riego tradicional que antes de la implementación se realizaba.
- El disyuntor y el contactor están dimensionados únicamente para funcionar a una potencia de la bomba de 1(HP), si se desea aumentar la potencia de esta se deben dimensionar nuevamente los elementos eléctricos.
- Todos los conductores eléctricos cuentan con etiquetas para facilitar la reconexión en caso de que estos se desconecten o presenten averías.
- Todos los elementos eléctricos presentan etiquetas con abreviaturas de su nombre, así también de sus entradas y salidas de este para mejorar el entendimiento de la conexión del conductor.
- El panel de control presenta un fácil desmontaje si se presenta algún tipo de avería o si se desea realizar mantenimiento, dado que este sujeto únicamente con arandelas y tuercas sobre una varilla roscada.
- Se refleja que el sistema de riego eléctrico-mecánico por aspersión optimiza el esfuerzo físico que esta tarea conlleva, dado que, antes de la implementación del sistema de riego se realizaba de forma manual.

5 RECOMENDACIONES

- Realizar la limpieza del tanque cada mes, esto se debe a que, el mismo está sujeto a recibir gran cantidad de partículas de polvo, hojas, y otros elementos contaminantes propios del lugar en el que se encuentra y a su vez las actividades que se realizan en el lugar.
- Mantener cerrado el tanque, este debe ser abierto solo en las actividades que este lo requiera, como por ejemplo en el llenado y en su mantenimiento, esto para evitar el ingreso de partículas que pueda provocar algún desperfecto en el sistema de riego.
- Revisar periódicamente la salida de agua del tanque, esta debe mantenerse libre de obstrucciones, por ello, es necesario que el filtro colocado sea sometido a limpieza o a su vez reemplazado.
- Realizar el mantenimiento preventivo de la bomba cada 4 meses, dado que, esta está sujeta a recibir sedimentos pequeños provenientes del tanque de reserva.
- Se recomienda que el uso del sistema mecánico, especialmente el manejo de las válvulas de bola en los ramales de los aspersores se abra uno a la vez, esto quiere decir que, el siguiente aspersor no puede ser abierto mientras uno está en funcionamiento, para evitar pérdidas de presión.
- Utilizar la bomba en ciclos de 50 minutos de trabajo con 20 minutos de descanso hasta un máximo de 6 horas diarias, debido a que puede experimentar sobrecalentamiento interno.
- El tablero eléctrico debe mantenerse cerrado para evitar el ingreso de partículas de polvo o agua mientras el sistema este en operación, este debería abrirse solamente para su encendido o cualquier otra operación, caso contrario este se mantendrá cerrado.
- Para tener un sistema de riego autónomo, es decir que no requiera directamente de alimentación de la red eléctrica se recomienda acoplar un sistema fotovoltaico, de esta manera, además de reducir los costos de energía eléctrica se estará aportando al cuidado del planeta con el uso de energías limpias y renovables
- Si el sistema de riego presenta algún fallo de funcionamiento se recomienda revisar el video de mantenimiento presente en este documento.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARIA, S. (1997). Sistemas de riego.
- [2] Sobre nosotros | Programa De Las Naciones Unidas Para El Desarrollo. (s. f.). UNDP. <https://www.undp.org/es/sobre-nosotros>
- [3] Territorios que Sanan. (n.d.). PNUD. Retrieved January 24, 2023, from <https://www.otrosmapas.org/territorios-que-sanan>
- [4] Benitez, J., Sotomayor, C., & Montenegro, J. (2015). Manual del Cálculo de Eficiencia para Sistemas de Riego.
- [5] Cengel, Y. A. (2007). Mecanica de Fluidos. McGraw-Hill Interamericana.
- [6] Engineering Equation Solver (6.883-3D). (3d. C.). [Software]. S.A. Klein.
- [7] Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción- Instalaciones Eléctricas (NEC-SB-IE). Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI). <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-SB-IE-Final.pdf>
- [8] PROMESA. (s. f.). BOMBA "PAOLO" PBP50 1/2 HP. Recuperado 30 de enero de 2023, de <https://www.promesa.com.ec/producto/bomba-paolo-pbp50-1-2-hp>
- [9] Ficha técnica Aspersores metálicos, conexiones de latón. (s. f.). https://www.truper.com/ficha_tecnica/Aspersoresmetalicos-conexiones-de-laton.html?code=10330
- [10] Catálogo de Productos. (2018). ELECTROCABLE. Recuperado 26 de enero de 2023, de <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>
- [11] A9N61508 - miniature circuit breaker - C60H - 1 pole - 10 A - C curve | Schneider Electric España. (s. f.). <https://www.se.com/es/es/product/A9N61508/miniature-circuit-breaker-c60h-1-pole-10-a-c-curve/>
- [12] MC-12B 230VAC 1A1B LS ELECTRIC - Contactor: 3-polar | NO x3; Contactos auxiliares: NO + NC; 230VCA; MC-12B-230VAC | TME - Elektroniiikka komponentit. (s. f.). <https://www.tme.eu/es/details/mc-12b-230vac/contactores-modulos-principales/ls-electric/mc-12b-230vac-1a1b/>

7 ANEXOS

7.1 Anexo I. Porcentaje de similitud generado por Turnitin

DMQ, 31 de enero del 2023

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, como director del presente Trabajo de Integración Curricular, certifico que el siguiente es el resultado de la evaluación de similitud realizado por la plataforma Turnitin:

Autor de la entrega: César David Guano Pilco
Título del ejercicio: Tesis ESFOT
Título de la entrega: Tesis Guano
Nombre del archivo: Tesis_Guano.pdf
Tamaño del archivo: 960.85K
Total páginas: 43
Total de palabras: 7,846
Total de caracteres: 38,257
Fecha de entrega: 31-ene.-2023 03:27p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2003557417

Tesis Guano

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo



Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., MSc.

DIRECTOR

7.2 Anexo II. Certificado de funcionamiento del Trabajo de Integración Curricular

DMQ, 31 enero del 2023

Yo, Alan Daniel Cuenca Sánchez, docente a tiempo completo de la Escuela Politécnica Nacional y como director de este trabajo de integración curricular, certifico que he constatado el correcto funcionamiento de tanto, el tablero eléctrico, así como el sistema mecánico del sistema de riego, que fueron desarrollados y ejecutados por el estudiante César David Guano Pilco. El proyecto cumple con los requerimientos necesarios para que cualquier usuario capacitado, pueda usar el sistema construido de forma ágil y fiable.



Ing. Alan Daniel Cuenca Sánchez., MSc.

DIRECTOR

Ladrón de Guevara E11-253 y Andalucía | Edificio N. 21 | Área 7 | Oficina 22

Correo: alan.cuenca@epn.edu.ec | Ext: 2736

7.3 Anexo III. Fichas Técnicas

BOMBA DE AGUA IMPELER PERIFERICA



Código Promesa	Modelo	Medida	Caja
21314	PKM - 60	1/2 HP	1 unid.
21324	PKM - 65	3/4 HP	1 unid.
21325	PKM - 80	1 HP	1 unid.

Características:

- Motor con eje de acero Inoxidable.
- Sello Mecánico de anillo de cerámica y sello de grafito.
- Impeler de aletas radiales, fabricado en aleación de bronce.
- Protector Térmico Incorporado
- Menor consumo eléctrico
- Motor silencioso.
- Succión y descarga de 1." NPT
- Motor 115/230V
- Ciclos 60HZ -3450rpm

Usos:

- Tanques de reserva
- Jardines de riego
- Insuficiencia de presión
- Aplicaciones sanitarias

21314	
Caudal L./Min.	Altura en metros
0	40
5	38
10	33,5
15	29
20	24
25	19,5
30	15
35	10
40	5

21324	
Caudal L./Min.	Altura en metros
0	55
5	50
10	45,5
15	40,5
20	36
25	31
30	26
35	22
40	17

21325	
Caudal L./Min.	Altura en metros
0	70
5	66
10	61
15	56
20	51
25	46
30	41
35	36
40	31

Hoja de características del producto

Especificaciones



miniature circuit breaker - C60H - 1 pole - 10 A - C curve

A9N61508

Principal

Gama	Acti9
Nombre del producto	Acti9 C60NA-DC
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	C60H-DC
Aplicación del dispositivo	Para corriente > 0,1 A
Número de polos	1P
Número de polos protegidos	1
[In] Corriente nominal	10 A en 25 °C
Tipo de red	Corriente continua
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	10 kA Icu en 220 V corriente continua acorde a HB1 10 kA Icu en 220 V corriente continua acorde a En > 50 A 6 kA Icu en 250 V corriente continua acorde a HB1 6 kA Icu en 250 V corriente continua acorde a En > 50 A 20 kA Icu en 110 V corriente continua acorde a HB1 20 kA Icu en 110 V corriente continua acorde a En > 50 A
Categoría de empleo	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
Poder de seccionamiento	Sí acorde a En > 50 A Sí acorde a HB1

Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	250 V corriente continua
[Ics] poder de corte en servicio	15 kA 75 % acorde a HB1 - 110 V corriente continua 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 110 V corriente continua 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 250 V corriente continua 4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 250 V corriente continua 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 220 V corriente continua 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220 V corriente continua
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V corriente continua acorde a En > 50 A 500 V corriente continua acorde a HB1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En > 50 A
Indicador de posición del contacto	Sí

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios.

Contactors (22AF)

Description

- 3-pole(NO) main contact
- Finger proof design
- DIN rail or screw mountable
- AC or DC control in different physical size
- Front/side mountable accessories available
- Direct mountable overload relay available Rating
- 1NO or 1NC Auxiliary contact built-in as standard.



MC-22b

Rating

Contactor type			MC-9b		MC-12b		MC-18b		MC-22b	
			kW	A	kW	A	kW	A	kW	A
AC duty	AC3	200/240V	2.5	11	3.5	13	4.5	18	5.5	22
		380/440V	4	9	5.5	12	7.5	18	11	22
		500/550V	4	7	7.5	12	7.5	13	15	20
		690V	4	5	7.5	9	7.5	9	15	18
	AC4	200/240V	1.5	8	2.2	11	3.7	16	3.7	18
		380/440V	2.2	6	4	9	4	11	5.5	13
AC1		-	25	-	25	-	32	-	40	
DC1 duty (I/R=1ms)	2-pole	24V	-	18	-	18	-	18	-	32
		48V	-	17	-	17	-	17	-	30
		110V	-	12	-	12	-	12	-	23
	3-pole	24V	-	20	-	20	-	20	-	32
		48V	-	20	-	20	-	20	-	32
		110V	-	15	-	15	-	15	-	27
DC 2,4 duty (I/R=15ms)	2-pole	24V	-	15	-	15	-	15	-	25
		48V	-	12	-	12	-	12	-	20
		110V	-	8	-	8	-	8	-	15
	3-pole	24V	-	18	-	18	-	18	-	30
		48V	-	15	-	15	-	15	-	30
		110V	-	12	-	12	-	12	-	20
Directly mountable Overload relay			MT-32							
Conductor size (solid, stranded)		AWG	16-10		16-8		14-8		14-8	
(the max. number of conductors: 2)		mm ²	1.5-4		1.5-10		2.5-10		2.5-10	
Conductor type			65/75°C Cu-wire only							



Coil voltage



AC	50Hz	24, 32, 42, 48, 80, 100, 110, 220, 230, 240, 380, 400, 500, 550V
	60Hz	24, 48, 110, 110, 12, 200, 208, 220, 230, 240, 277, 380, 480, 600V
	50/60Hz	24, 48, 100, 110, 120, 200, 220, 230, 240, 380, 415, 440, 500, 550V
DC	DC	12, 20, 24, 48, 60, 80, 100, 110, 125, 200, 220, 250V

Certification

- CE(IEC)
- UL508



Conductor de cobre para 600 V, aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, resistente a la humedad y calor elevado.

CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo THHW pueden ser sólidos o cableados y están contruídos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de material termoplástico policloruro de vinilo (PVC) resistente a la humedad y al calor elevado. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de empaque.

APLICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHW son utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado en edificaciones industriales, comerciales y residenciales donde se requiere de alta seguridad, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es de 90°C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo THHW fabricados por ELECTROCABLES C.A, cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- ▶ **ASTM B3:** Alambres de cobre recocido o suave.
- ▶ **ASTM B8:** Conductores trenzados de cobre en capas concéntricas.
- ▶ **ASTM B787:** Conductores trenzados de cobre de 19 hilos, formación unilay para ser aislados posteriormente.
- ▶ **UL 83:** Alambres y cables aislados con material termoplástico.
- ▶ **ANSI/ NEMA WC-70** : Cables de potencia nominal 2000 V. o menos, para distribución de energía eléctrica.
ICEA S-95-658
- ▶ **NTE INEN 2 345:** Conductores y alambres aislados con material termoplástico.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

CONDUCTOR			Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox.(mm)	Peso total Aprox. (kg / km)	*Capacidad de Corriente [A]
CALIBRE (AWG o kcmil)	Sección Transversal (mm ²)	No. Hilos				
FORMACIÓN SÓLIDO Y CABLEADO CONCÉNTRICO						
14	2,08	1	0,76	3,15	26,31	25



CÓDIGO: 10330 CLAVE: DOS-11X

Aspersor metálico dos vías, estaca metálica de 11", Truper

- Cabeza de aspersor metálico de pulsaciones de doble chorro
- Estaca metálica
- Conexión de latón
- Doble salida de agua

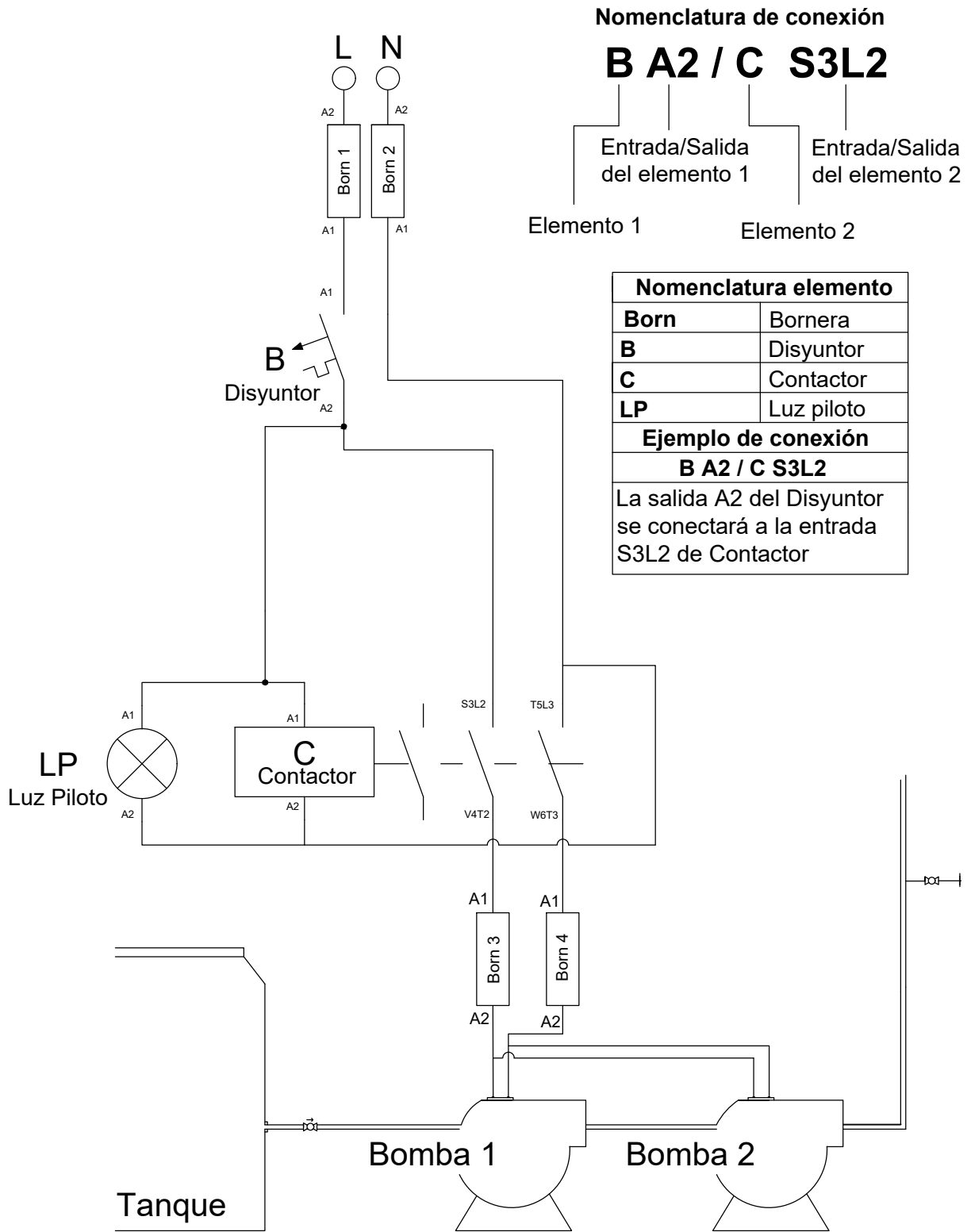


Área de riego

Especificaciones

Presión de trabajo	40 a 50 PSI
Entrada de agua	3/4"
Conexión estaca - aspersor	1/2"
Estaca	20 cm
Vías	2, conexión en serie
Empaque individual	Tarjeta plástica
Inner	6
Master	48

7.4 Anexo IV. Planos



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - ESFOT

**DIAGRAMA DE CONEXIÓN
ELECTROMECAÁNICO DEL
SISTEMA DE RIEGO**

**TRATAMIENTO
TÉRMICO:**
NA

MATERIAL:
Eléctrico-Mecánico

ESCALA:
1:2

FORMATO:
A4

DISEÑADO POR:
DAVID A. SIMBAÑA
DAVID GUANO

FECHA:
25/01/2023

LÁMINA:
1

7.5 Anexo V. Certificado de aprobación por parte de PNUD



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS
Carrera Electromecánica (RRA20)

ACTA DE ENTREGA-RECEPCIÓN DEL PROYECTO

Quito, D.M., lunes 9 de enero de 2023

ENTREGA: César David Guano Pilco y Bryan Rogelio Vargas Nilve

RECIBE: Delegado del Proyecto de Las Naciones Unidas Para el Desarrollo
REPARTO: ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS convenio "TERRITORIOS QUE SANAN"

Presente

Se realiza la recepción del tablero de control correspondiente al proyecto IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN AUTOMÁTICO USANDO UN MICROCONTROLADOR ARDUINO Y SENSORES DE HUMEDAD DE SUELO PARA EL PROGRAMA "TERRITORIOS QUE SANAN" en la ciudad de QUITO, parroquia TUMBACO en la avenidas ILALÓ S/N a los 9 días del mes de enero del año 2023 con las siguientes características:

- Tablero de control que tiene: Arduino, módulos relé y de acondicionamiento del sensor de humedad, entre otros elementos entregados por la PNUD.
- Sistema de canales de riego que incluye aspersores, mangueras y acoples
- Bomba de ½ HP
- Sensores de nivel y humedad del suelo conectados al tablero

Se valida el funcionamiento correcto del sistema construido

Atentamente

Firma de delegado de la PNUD

Nombre: *Paulina Jiménez*

CI: *1711328824*

Teléfono: *0995045566*

Correo Electrónico: *paulina.jimenez@undp.org*