

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
RIEGO AUTOMATIZADO MODULAR PARA
EL AHORRO DE AGUA, MONITOREANDO
LA HUMEDAD Y TEMPERATURA A
TIEMPO REAL EN TACNA, EN
EL AÑO 2020
TESIS**

Presentada por:

Bach. Ronald Espinoza Calderón

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

TACNA – PERÚ

2021

Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE
RIEGO AUTOMATIZADO MODULAR PARA EL
AHORRO DE AGUA, MONITOREANDO LA HUMEDAD
Y TEMPERATURA A TIEMPO REAL EN TACNA, EN
EL AÑO 2020**

Trabajo de tesis sustentado por el bachiller Ronald Espinoza Calderón, aprobado el 21 de mayo del 2021, jurado calificador estuvo integrado por:

PRESIDENTE


.....
Dr. Jesús Plácido Medina Salas

SECRETARIO


.....
Dr. Avelino Godofredo Pari Pinto

MIEMBRO


.....
Mtro. Reynaldo Clemente Telles Ríos

ASESOR


.....
Dr. Francisco Gamarra Gómez

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, a mis hermanos, que son el impulso que tengo a mi crecimiento como persona y profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido pertenecer a una excelente familia, quienes me forjaron como la persona que actualmente soy.

A mis padres, por la educación y formación

A mis maestros que durante la etapa de aprendizaje supieron aconsejarme y darme las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente.

A mis amigos por sus buenos consejos y motivación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
CONTENIDO	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de problema	3
1.2. Formulación del problema	5
1.3. Justificación e importancia	5
1.3.1. Justificación científico tecnológico	6
1.3.2. Justificación económica	6
1.3.3. Justificación ambiental	6
1.4. Alcances y limitaciones	7

1.4.1. Alcances.....	7
1.4.2. Limitaciones.....	7
1.4.3. Matriz FODA.....	8
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo general.....	9
1.5.2. Objetivo específicos.....	9
1.6. Hipótesis.....	9
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	10
2.1. Antecedentes del estudio.....	10
2.2. Bases teóricas.....	11
2.2.1. Teoría de diseño y construcción en Ingeniería Mecánica.....	11
2.2.2. Teoría del riego de agua.....	13
2.2.2.1. Diseño de sistemas de tuberías.....	13
2.2.2.2. Tuberías en serie.....	15
2.2.2.3. Tuberías en paralelo.....	16
2.2.2.4. Riego tecnificado.....	18
2.2.2.5. Riego por gravedad.....	18

2.2.2.6. Riego por aspersión	20
2.2.2.7. Riego por goteo	21
2.2.3. Teoría de automatización de sistemas	22
2.2.4. Teoría de monitorización y control de sistemas	23
2.2.4.1. Monitoreo de humedad para el riego automatizado	24
2.2.4.2. Monitoreo de temperatura para el riego automatizado.....	25
2.2.5. Componentes Electrónicos	27
2.2.6. Selección de bomba	32
2.3. Definición de términos	36
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	38
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	38
3.2. Población y muestra	38
3.2.1. Población	38
3.2.2. Muestra	38
3.3. Operacionalización de variables	38
.....	38
3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos.....	39

3.5. Procesamientos y análisis de datos	40
CAPÍTULO IV RESULTADOS	41
4.1. Resultados del diseño	41
4.1.1. Selección de la Bomba.....	41
4.1.1.1. Cálculo de potencia de la bomba	44
4.2. Resultados de la construcción	60
4.2.1. Monitoreo de temperatura	60
4.2.2. Monitoreo de la humedad.....	62
4.2.3. Instalación electrónica y software.....	64
4.2.4. Presupuesto del diseño y construcción de sistema de riego automatizado...	74
CAPÍTULO V DISCUSIONES.....	76
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables Independiente y Dependiente	39
Tabla 2. Instrumentos para recolección de datos	40
Tabla 3. Características para el bombeo	41
Tabla 4. Selección de la bomba.....	43
Tabla 5. Lista de costo de materiales para el diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principio de conservación de energía en mecánica de fluidos	12
Figura 2. Principio de conservación de masa en mecánica de fluidos	14
Figura 3. Principio de conservación de masa en mecánica de fluidos	15
Figura 4. Esquema del sistema de tuberías en paralelo.....	17
Figura 5. Riego por aspersion	18
Figura 6. Riego por gravedad.....	19
Figura 7. Riego por aspersion	20
Figura 8. Riego por goteo.....	21
Figura 9. Riego por automatizado.....	23
Figura 10. Riego por automatizado.....	26
Figura 11. Diagrama para el control del relay.....	28
Figura 12. sensor de humedad.....	29
Figura 13. Sensor de temperatura	30
Figura 14. Reloj a tiempo real Ds 1302	31
Figura 15. Módulo de SD para Arduino	32

Figura 16. Rendimiento para una bomba rotatoria.....	35
Figura 17. Circuito del fluido A.....	46
Figura 18. Circuito del fluido B.	47
Figura 19. Circuito del fluido, caudales y pérdidas en un circuito paralelo.....	50
Figura 20. Curva del rendimiento de una bomba.	57
Figura 21. Circuito eléctrico para el termistor.	61
Figura 22. Termistor NTC 10k.	62
Figura 23. Módulo de sensor de humedad.	63
Figura 24. Conexión del módulo de humedad al Arduino Uno R3.	64
Figura 25. Conexión de los componentes del módulo del sistema de riego.	65
Figura 26. Conexión de los componentes eléctricos e hidráulicos.	66
Figura 27. PCB para el módulo del sistema de riego.....	67
Figura 28. PCB y componentes eléctricos soldados para el módulo del sistema de riego.....	68
Figura 29. Montaje del PCB sobre el Arduino y sus componentes eléctricos.	69
Figura 30. Programación en Arduino IDE_A.	70
Figura 31. Programación en Arduino IDE_B.	71

Figura 32. Programación en Arduino IDE_C.	72
Figura 33. Calculo de temperatura mediante Ms Excel.	73

RESUMEN

En esta tesis titulada “Diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular para el ahorro de agua, monitoreando la humedad y temperatura a tiempo real en Tacna, en el año 2020”, se ha logrado el diseño y la construcción de un módulo empleando las pautas de la bibliografía de Mott en mecánica de fluidos los cuales indica los cálculos necesarios para realizar la selección de los materiales. Se ha tenido la perspectiva complementar los conocimientos adquiridos en mis años de estudio de pregrado de la escuela de Ingeniería Mecánica. Mediante el estudio realizar se logró obtener el diámetro adecuado, el caudal de la bomba y la potencia con la que esta realiza, así también poder ser monitoreado mediante el sensor de humedad y la temperatura de la planta siendo adecuado a un circuito electrónico para el procesamiento electrónico digital y poder activar el relay para el encendido de la bomba.

Palabras clave: Diseño, Temperatura, Automatizado, Riego.

ABSTRACT

In this thesis entitled "Design and construction of a modular automated irrigation system to save water, monitoring humidity and temperature in real time in Tacna, in 2020", the design and construction of a module using Mott's bibliography guidelines in fluid mechanics which indicate the calculations necessary to make the selection of materials. It has had the complementary perspective the knowledge acquired in my undergraduate years of study at the School of Mechanical Engineering. Through the study carried out, it was possible to obtain the appropriate diameter, the flow of the pump and the power with which it performs, as well as being able to be monitored by means of the humidity sensor and the temperature of the plant, an electronic circuit being suitable for electronic processing digital and to be able to activate the relay to start the pump.

Keywords: Design, Temperature, Automated, Irrigation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad por el cambio climático que atraviesa el planeta el recurso hídrico para consumo humano viene disminuyendo y este elemento es muy importante para la supervivencia de la humanidad. El riego utiliza agua potable y es por esta razón que se requiere utilizar tecnología que nos permitan gastar el mínimo de agua lo cual propone esta tesis realizada.

El primer capítulo se contempla el problema de la investigación la cual retrata la realidad actual y se concentra el problema de forma que logre una formulación de esta misma, para luego presentar el objetivo que compele la tesis mediante sus partes metodológicas que conducen a la investigación.

El segundo capítulo se expone el marco teórico, en las cuales se encuentra los antecedentes anteriores asociadas en la presente tesis y con respecto el marco teórico está acorde al diseño y construcción de riego automatizado modular.

El tercer capítulo se aprecia la actividad metodológica donde se manifiesta la parte metodológica con respecto a la tesis y ataca al problema de estudio para encaminar la investigación que se llevó a término.

El cuarto capítulo nombrado como resultado y discusión se contrasta los resultado y discusión se verifica los resultados del diseño enfocada a la mecánica de fluidos y electrónica para luego ser discutidas con resultado de otros autores.

Se finaliza con las conclusiones y recomendaciones, exhibiendo la conclusión más significativa de la presente tesis que permitió realizar las selecciones de materiales.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de problema

1.1.1. Antecedentes del problema

“Actualmente el agua, recurso hídrico fundamental en todo el mundo tiene el problema serio de la sequía en Sao Paulo, California, Australia han sido golpeados severamente teniendo que general nuevas políticas para superar la crisis que tuvieron ellos” (Cathala et al., 2018).

“La sequias hídricas en el Perú según estudios no consiguió una distribución normal en los años 1973-2013, aplicaron métodos estadísticos como la prueba de normalidad el logaritmo natural dando como resultado sequias hidrológicas”(Sosa Sarmiento, 2016).

“En la ciudad de Tacna el problema del agua también es latente, por ser cabecera del desierto de Atacama el distrito de la Yarada – Los Palos existen excesivas perforaciones para la zona de producción de la Agroindustria” (Andina, 2018).

Para combatir esta necesidad no hace falta clausurar los posos para el agro, más bien se debe aplicar la tecnología para el ahorro del recurso hídrico que mediante un sistema

automatizado mejora el sistema de goteo. “Con la ayuda de los componentes electrónicos que hoy en día son asequibles se puede controlar el riego con la finalidad de preservar nuestro recurso hídrico natural” (Chipugsi Calero, 2014).

1.1.2. Problemática de la investigación

A nivel global el problema del agua y una de las formas de remediar esta necesidad es el uso eficiente del agua, actualmente en Tacna en especial en el distrito de La Yarada-Los Palos los agricultores extraen agua subterránea para el riego de los olivos especialmente exhibiendo de manera abierta la necesidad del recurso hídrico en Tacna.

Una de las soluciones es el uso de manera eficiente del recurso hídrico y esto se puede llegar mediante el uso de las tecnologías actuales que por medio de un esquema modular podemos ver el comportamiento del sistema automatizado que tendría como unidad de control el Arduino Uno R3. Junto con sensores de humedad y temperatura esto en se refiere a la parte de la electrónica, con respecto al comportamiento del fluido tendremos que seleccionar la bomba, las conexiones de tuberías y el flujo necesario.

Sin el adecuamiento de la tecnología, el recurso hídrico se seguirá desperdiciándose en los sistemas de riego.

Para dar solución al presente problema se utilizará el sistema de control mediante el Diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular para el ahorro de agua, monitoreando la humedad y temperatura a tiempo real en Tacna, en el año 2020.

1.2. Formulación del problema

¿El diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular permitirá el ahorro de agua, monitoreando la humedad y temperatura a tiempo real en Tacna, en el año 2020

1.3. Justificación e importancia

En esta propuesta de diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular es una mejora para el ahorro del recurso hídrico en la localidad de la Yarada los Palos, donde el riego es por gravedad y por goteo, pero el control de estos riegos queda en la sensibilidad de la vista del agricultor, siendo este método de control un medio cualitativo que tiende a tener errores humanos en cuanto a la dotación del agua por el desconocimiento de un diseño adecuado para el riego.

La adecuada dotación de agua hacia las plantas es fundamental para el ahorro del agua teniendo esta que y el control automatizado que se proporcionará permitirá que el

agricultor acceder a esta mejora del recurso hídrico y permitiendo un ahorro en su economía.

1.3.1. Justificación científico tecnológico

Desde el punto de vista científico tecnológico permite que muchos procesos automatizarlos por medio de un control mecánico-electrónico lo cual se complementan de manera idónea por medio de sensores estos son capaces de remplazar a los humanos como es sentido de la vista y sobre todo estos sensores no se fatigan tan rápidamente como el de los humanos, sin embargo requiere de conocimientos de programación los cuales junto con los conocimientos de la ingeniería mecánica se complementan llegando a fusionarlos para solucionar un problema específico.

1.3.2. Justificación económica

Desde el punto de vista económico el presente proyecto colabora en el ahorro del recurso hídrico lo que se interpreta menores costos para su adquisición en el riego, lo cual el agricultor tendrá mayores ingresos.

1.3.3. Justificación ambiental

Desde el punto de vista ambiental, cuidando el recurso hídrico para el consumo humano resulta muy provechoso, en la regio de Tacna donde estamos situados en la

cabecera de Atacama el desierto más árido del mundo, este recurso es muy apreciado, por lo que la presente tesis se ha realizado con este propósito.

1.4. Alcances y limitaciones

1.4.1. Alcances

Esta tesis realizada tiene como objeto a los pequeños y medianos agricultores de la región de Tacna, puesto que para mayores áreas se requerirá mayores números de sensores y tendrá que utilizar otro tipo de controlador, pero el análisis para la bomba es el mismo también las pérdidas que producen las tuberías.

1.4.2. Limitaciones

Las limitaciones desafiadas fueron el empleo de los sensores respecto a las plantaciones, ya que lo ideal es que cada planta tenga sus propios sensores, pero como las entradas del puerto analógico del Arduino R3 son limitadas en un número de 6, estos se deben distribuir en las plantas y zonas más representativos.

Otra limitación es la dimensión del área del cultivo estos están pensadas para unas 3 hectáreas en promedio las cuales al mismo tiempo se requerirá grandes extensiones de alambrado para los sensores.

La poca información desarrolló una parte importante durante la programación, puesto que se requiere de sentencias para desarrollar los cálculos y muestren tanto la temperatura y humedad.

1.4.3. Matriz FODA

Matriz FODA	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Innovación en el riego tecnificado. 2. Selección adecuada de materiales. 3. Ahorro de agua en el riego. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No se tienen sistemas de riego tecnificado automatizados. 2. No existe información para el distrito de la Yada los Palos
Oportunidades (O)	Estrategias FO	Estrategias DO
<ol style="list-style-type: none"> 1. Ahorro en el consumo de consumo de agua y económico. 2. Diseño adecuado de un sistema de riego automatizado. 	Se ampliará la información sobre un sistema de riego automatizado en el distrito de la Yarada los Palos	Se obtendrá el compromiso en seguir investigando para viabilizar las oportunidades.
Amenazas (A)	Estrategias FA	Estrategias DA
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fallo en las pruebas. 2. Falta de software para realizar la pruebas. 	Proseguir con la investigación para adquirir más conocimientos sobre el tema de investigación.	Con respecto a las debilidades y las amenazas son enfocadas al ambiente teórico, por lo que se investigara continuamente al respecto del tema para superar los obstáculos de conocimiento.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de riego automatizado modular, monitoreando la humedad y temperatura para el ahorro del agua en Tacna, en el año 2020.

1.5.2. Objetivo específicos

- Diseñar un caudal para la bomba que permitirá el diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular para el ahorro de agua, monitoreando la humedad y temperatura a tiempo real en Tacna, en el año 2020.
- Diseñar las tuberías que permitirá el diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular para el ahorro de agua, monitoreando la humedad y temperatura a tiempo real en Tacna, en el año 2020.
- Realizar el modulo que permita automatizar el sistema de riego para el ahorro de agua, monitoreando la humedad y temperatura a tiempo real en Tacna, en el año 2020.

1.6. Hipótesis

La utilización de la automatización permitirá el diseñar de un sistema de riego automatizado modular, monitoreando la humedad y temperatura para el ahorro del agua en Tacna, en el año 2020.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Lugo Espinosa et al. (2011), en México, en un artículo científico publicó la investigación. Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo, el objetivo de esta publicación fue mostrar un prototipo funcional, con base en la integración de tres tecnologías, computación, comunicaciones y electrónica para automatizar el control del riego para sistemas cerrados o abiertos desarrolló una investigación aplicada y las conclusiones de esta investigación nos indica que el diseño de la máquina da facilidad de que cuando se necesite realizar un mantenimiento tanto preventivo como correctivo, se lo pueda realizar en la propia empresa sin necesidad de utilizar equipos o talleres tecnológicos especializados.

La publicación ha tenido un método mediante el uso de herramientas de desarrollo de software fue el entorno “NetBeans IDE 6.7.1” (plataforma de desarrollo de aplicaciones Java, Marca registrada de Sun Microsystems), que permitió la creación del software riego inteligente automático (RAI) para la comunicación y el control del riego. Sus conclusiones fueron, el logro de encender y apagar algún dispositivo por

medio de celulares la cual hace asequible la automatización a tiempo real también los cálculos adecuados necesarios por cada cultivo.

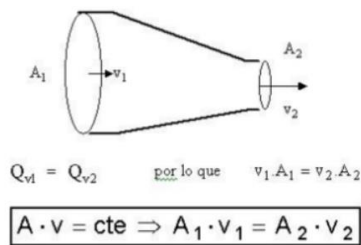
Arámbulo Marin & Salazar Tapia (2017), Ecuador – Guayaquil ha desarrollado la tesis titulada. Diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado con tecnología open source y energía renovable con monitoreo vía web para los huertos organopónicos de la prefectura del Guayas. El objetivo de la tesis desarrollar un prototipo mediante tecnologías libres como el Arduino y Raspberry para la producción de organopónicos. La investigación fue aplicada y sus conclusiones fueron que la utilización de la tecnología Open Source con los sensores FC-28 para la humedad y la base de datos MySQL fueron componentes necesarios para el diseño del prototipo de riego inteligente.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teoría de diseño y construcción en Ingeniería Mecánica

En el diseño de la ingeniería empieza con una necesidad y esto se plantea con la ayuda de un método que puede ser obtenido de distintas formas como una bibliografía, recomendaciones de expertos, asociaciones de ingenieros mecánicos, etc. “Una de las ramas que tiene por especialización el ingeniero mecánico es el de mecánica de fluidos que con los conocimientos adquiridos dentro de la formación universitaria” (Budynas & Nisbett, 2008, p. 5).

Realizar un proyecto con respecto a la mecánica de fluido “es tomar los temas del diseño de sistemas de tubería y selección de la bomba, teniendo en cuenta el caudal que requerimos para nuestro sistema de riego automatizado” (Çengel & Cimbala, 2006, p. 354). Para este tipo de diseño se tiene que considerar el principio de la conservación de masa.



$$\frac{\text{masa que entra}}{\text{tiempo}} = \frac{\text{masa que sale}}{\text{tiempo}}$$

Figura 1. Principio de conservación de energía en mecánica de fluidos

Fuente: Resendiz Badillo, 2017

Por otro lado, la construcción de este se basa en el proyecto realizado, con los parámetros obtenidos en los cálculos del diseño, para un prototipo o para un acabado del mecanismo resolviendo las necesidades concretas de la investigación de la presente tesis.

El proyecto en el que se ha basado es de corto plazo debido a que “se integrara a un prototipo que tiene restringidas el área de empleo y el número de plantas que se consideró en esta tesis. Los recursos que se utilizaron están disponibles en el Perú y también en Tacna obteniendo así los resultados mostrados”(CLR, 2020).

2.2.2. Teoría del riego de agua

Existe mucha información al respecto del riego de las plantas, pero “los principales métodos de riego son el riego por superficie, riego por aspersion, riego por goteo, riego subterráneo de la zona radicular y subirrigación”(CLR, 2020). El riego al que emplearemos el diseño del sistema de riego automatizado es al de goteo y para eso utilizó como sensor un medidor de humedad que es la parte fundamenta en la dosificación del recurso hídrico en las plantas.

2.2.2.1. Diseño de sistemas de tuberías

Para realizar el diseño de tuberías para la presente tesis, se tiene que tener conocimiento principalmente en la ecuación de Bernoulli, el diagrama de Moody, tubería en serie y paralelos y el número de Reynolds.

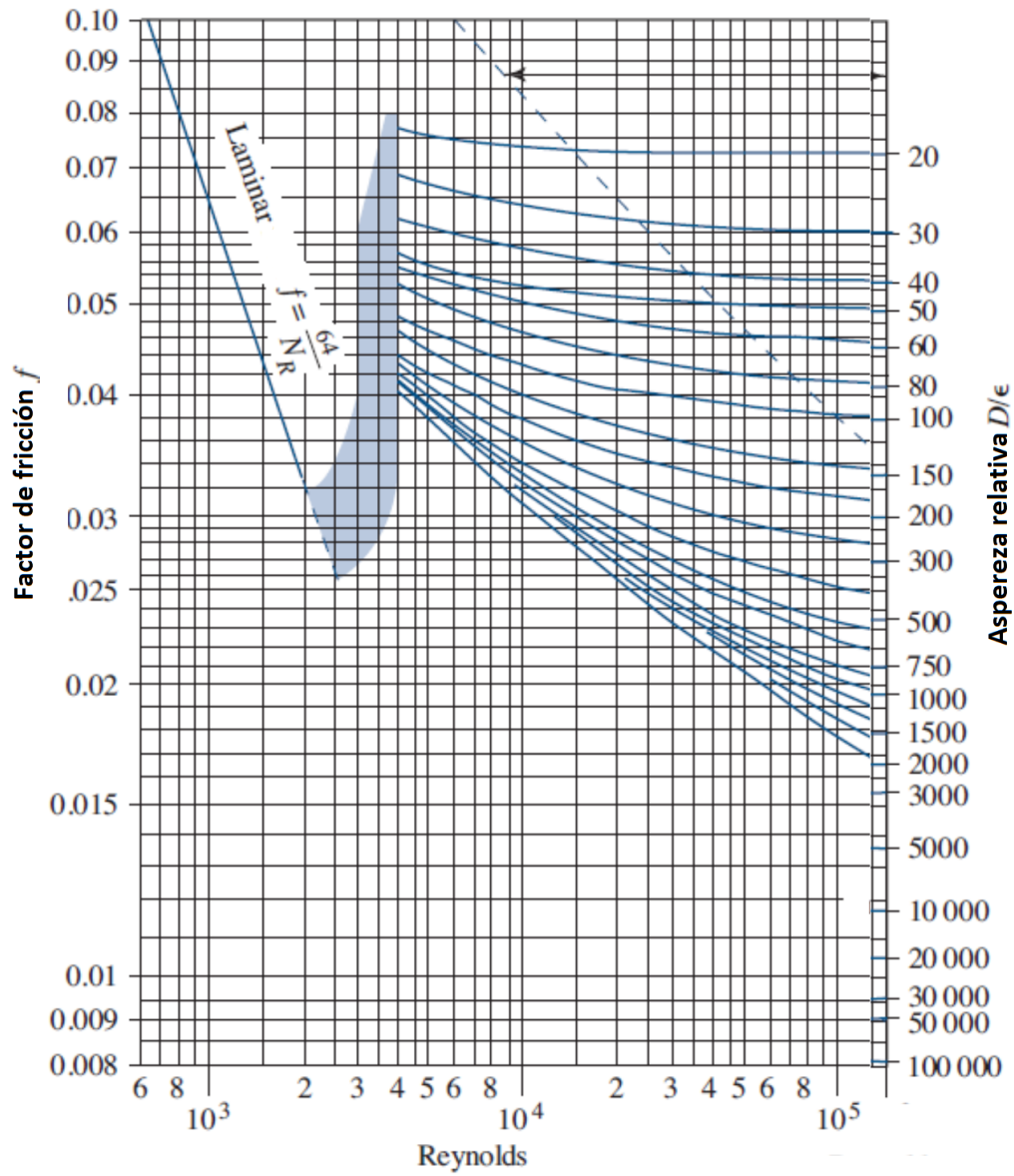


Figura 2. Principio de conservación de masa en mecánica de fluidos

Fuente: Mott, 2006

2.2.2.2. Tuberías en serie

Denominar un sistema de tuberías en serie que puede estar conformado principalmente con diferentes accesorios, como son los codos, válvulas y diferentes secciones de tuberías. “Según el principio de conservación de masa en este tipo de sistema de tuberías donde solo hay una línea del recorrido del fluido se tiene que en todos los puntos el caudal es constante, y las pérdidas que se puedan generar son aditivas” (Mott, 2006b; Pérez Farrás & Pérez, 2007).

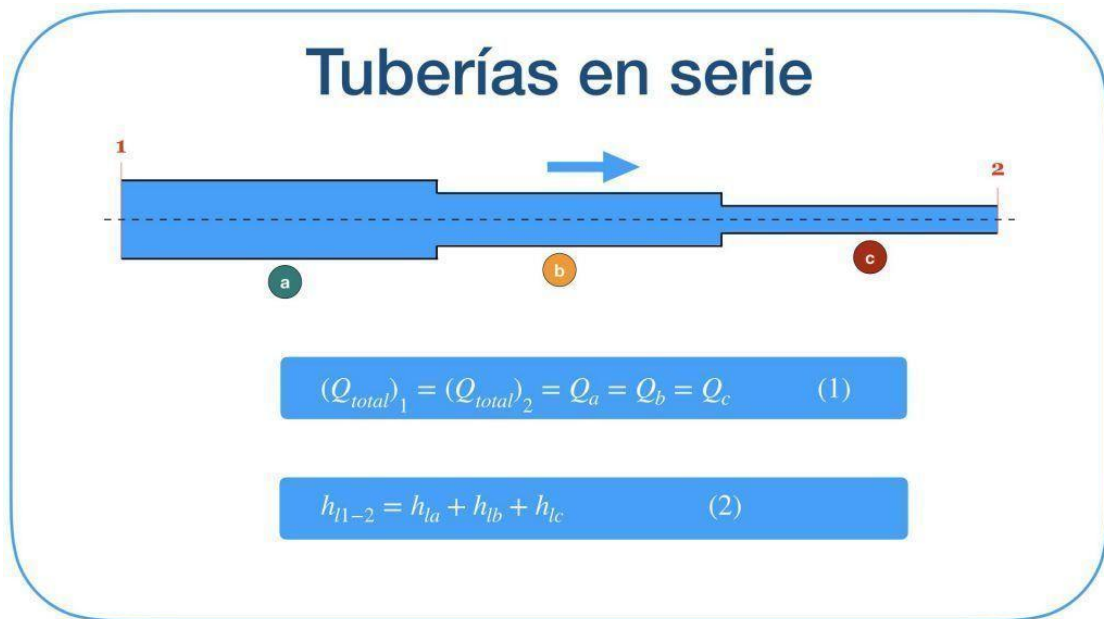


Figura 3. Principio de conservación de masa en mecánica de fluidos

Fuente: Jiménez Mur, 2020

“En este sistema de tuberías pueden acarrear pérdidas, con la sumatorias de estas pérdidas podremos hallar la carga total, la cual permitirá hallar la potencia mínima de la bomba a seleccionar” (Mott, 2006a; Simancas Cabrera, 2019). Como se muestra en la siguiente ecuación.

$$P_M = \frac{h_A \gamma Q}{e_M} \quad [1]$$

Donde:

P_M : Potencia del motor.

h_A : Carga total sobre la bomba

γ : Peso específico del agua.

Q : Caudal.

e_M : Eficiencia del motor.

2.2.2.3. Tuberías en paralelo

El método de tuberías en paralelo básicamente es la separación del flujo mediante tubería. “Un ejemplo de ello son las redes de tuberías domiciliarias, las cuales nos dotan del recurso hídrico a nuestros hogares partiendo de un punto y esta salen por las terminales que son nuestros pilones” (Huppés et al., 2020; Mott, 2006a).

De la misma manera del sistema de tuberías en serie se concreta en la ley de la conservación de energía y masa, “pero en este caso el caudal que entra es la suma de los caudales que salen por las ramas y las pérdidas entre las ramas son iguales” (Cengel, 2013; de Leo, 2015).

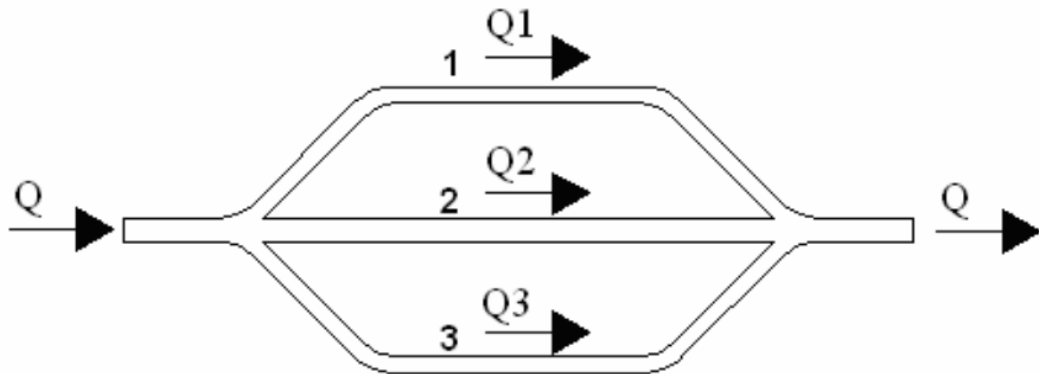


Figura 4. Esquema del sistema de tuberías en paralelo
Fuente: Camaraza Medina & García Morales, 2020

“Para el riego tecnificado se utiliza este tipo de sistema puesto que se tiene varias ramificaciones y el modo de aspersion y distribución son ampliamente utilizados a nivel agrícola” (Delgado-Aguñaga et al., 2013, p. 525).



Figura 5. Riego por aspersión

Fuente: Camaraza Medina & García Morales, 2020

2.2.2.4. Riego tecnificado

El riego tecnificado busca el ahorro del recurso hídrico, de la misma manera que hicieron nuestros antepasados “los Incas”, mediante el uso de andenes para su agricultura.

Una buena distribución de recurso hídrico garantiza menor pérdida del agua y por consecuencia ahorro económico. Existen tres grandes métodos para emplear el riego tecnificado que son los de gravedad aspersión y por goteo

2.2.2.5. Riego por gravedad

Es un método que consiste en que el agua es guiado por la fuerza de la gravedad este tipo de riego es económico para su instalación, “pero tiene la desventaja en que se utilizan solo en los tipos de áreas terrestres niveladas y humedece mucha parte del terreno ocasionando la aparición de maleza y desperdiciando el recurso hídrico por no estar focalizado en la planta” (Apaza Mamani & La Torre Javier, 2017; Santa Cruz et al., 2016).



Figura 6. Riego por gravedad
Fuente: Flores Gallardo, 2017

2.2.2.6. Riego por aspersión

El riego por aspersión se pone en el punto medio entre un riego por goteo y por gravedad. “Este método consiste en que la boquilla final (difusor) provoca pequeñas gotas que se asemejan a la lluvia estas cubren un área circular cuando no hay viento, y se adapta al terreno” (Apaza Mamani & La Torre Javier, 2017; Novagric, 2016).



Figura 7. Riego por aspersión
Fuente: Romero, 2017

2.2.2.7. Riego por goteo

Este método es el más eficiente para el recurso hídrico, “pero una de sus desventajas es el costo de instalación, pero es ideal para los sembríos en zonas áridas puesto que irriga radicularmente es necesario filtrar el agua para evitar que se tapen los micro difusores” (Novagric, 2016).

En el distrito de la Yarada – Los Palos de nuestra región se cultivan principalmente olivo, puesto que es una zona árida y la dotación del agua es extraída del sub suelo que posteriormente es almacenada mediante pozos que ellos han construido. los agricultores realizan el riego por goteo, pero la dotación del agua que le dan a las plantas, lo realizan de forma inadecuada, teniendo la necesidad de automatizar este proceso mediante un diseño de las tuberías que les permitan ahorrar el agua.



Figura 8. Riego por goteo
Fuente: Novagric, 2016

2.2.3. Teoría de automatización de sistemas

La automatización se encuentra dentro del aspecto “tecnológico que ejecuta una serie de tareas las cuales los humanos realizan dentro de esta ejecución controla, corrige y visualiza el estado de flujo de trabajo y tareas generando reporte del proceso” (CLR, 2020).

Un método de riego automatizado tiene como objetivo el ahorro del recurso hídrico, “mediante el uso de componentes electrónicos para su control que para nuestro caso es el relay, el cual es un interruptor de corriente eléctrica que es comandado por un controlador electrónico como el Arduino” (Guijarro Rodríguez et al., 2018).

Como todo sistema automatizado también requiere de sensores los cuales son los que recogen los datos del medio que los rodea, “que en nuestro caso son las plantas, estos sensores de temperatura y de humedad los cuales trabajan mediante el Arduino con un voltaje de 5V y 20 mA, teniendo esta comunicación mediante el puerto analógico del Arduino” (Cruz Concha José Carlos, 2009).



Figura 9. Riego por automatizado
Fuente: Leoz, Martínez, Vázquez, & Paredes, 2018

2.2.4. Teoría de monitorización y control de sistemas

La monitorización realiza seguimientos de un estado determinado, de un sistema o subsistemas de una determinada infraestructura generalmente electrónica. Tiene como propósito “asegurar que el sistema es fiable y estable, capaz de proporcionar los servicios para los que ha sido diseñado. En definitiva, la monitorización de sistemas

sirve para establecer el grado de humedad de las plantas y la capacidad de dicho sistema” (CLR, 2020).

2.2.4.1. Monitoreo de humedad para el riego automatizado

Para el control del riego se requiere saber la humedad de la tierra, si esta esta seca o esta aceptablemente la humedad. Por medio de la programación en el Arduino se restringirá la humedad, si el sensor emite una señal de alta corriente significa que la tierra está húmeda, pero si es el caso contrario significa que tiene baja humedad” (Lugo Espinosa et al., 2011).

Esta limitación se puede realizar mediante una condicionante (if, para el lenguaje de programación de C++), “la humedad que se requiere es aproximadamente un 20 % del peso total de la tierra” (Botanical, 2019).

$$W = \frac{M_a}{M_s}$$

[2]

Donde:

Ma: masa del agua.

Ms: masa del suelo.

Entonces el porcentaje de la humedad gravimétrica.

$$W\% = \frac{Ma}{Ms} \times 100$$

[3]

2.2.4.2. Monitoreo de temperatura para el riego automatizado

Con el fin de realizar una caracterización de las plantas, según CANNA (2019) explica que “la temperatura de las plantas se diferencian con las del ambiente puesto que las planta bajan su temperatura por evaporación y se calientan por irradiación para alcanzar una temperatura optima conveniente para la planta” (p. 1), por lo que para realizar un monitoreo es necesario realizar en la zona de la tierra húmeda para ver su proporción de secado y su humedad.

“La temperatura aporta información de evatransmisión de los cultivos permitiendo obtener un coeficiente de cultivo Kc de desarrollo radicular y los días de duración del cultivo”(Lugo Espinosa et al., 2011, p. 9). Para caracterizar el suelo se requieren información del suelo en donde están los cultivos como los materiales orgánicos e inorgánicos.

Para obtener la temperatura se utilizará el termistor NTC como sensor de temperatura. Que está gobernado por la siguiente ecuación.

$$R_t = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

[4]

R_t : resistencia con respecto a la temperatura absoluta T_t .

R_0 : resistencia con respecto a la temperatura absoluta T_0 .

β : Constante de temperatura.



Figura 10. Riego por automatizado
Fuente: Salgado Garciglia, 2018

2.2.5. Componentes Electrónicos

Los avances en la electrónica hasta el día de hoy son los más notables en toda la población del mundo basta con decir que la globalización depende del uso del internet donde podemos comunicarnos de manera instantánea.

Para esto los componentes electrónicos juegan un papel muy importante, son dispositivos basados en los transistores que en los pasos de los años han ido evolucionando el silicio y el germanio fueron los pioneros ahora con los avances de los materiales se consiguieron doparlos mejorando su uso en la vida doméstica e industrial.

Los componentes electrónicos que se usó para la presente tesis

Relay

Dentro de esta tesis es de suma importancia este componente electrónico, puesto que controla a la bomba en su encendido y apagado, “ya que se comporta como un interruptor automático controlado mediante el Arduino, controlado por la programación y los datos de los sensores” (Naylamp Mechatronics, 2020).

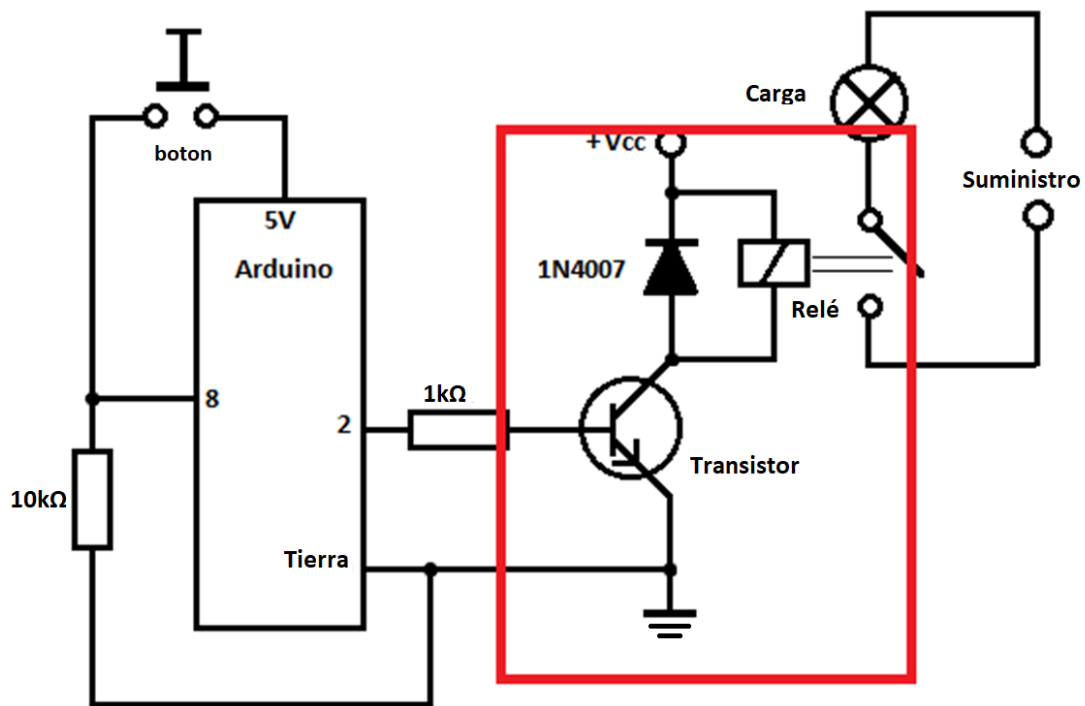


Figura 11. Diagrama para el control del relay
 Fuente: Naylamp Mechatronics, 2020

Sensor humedad

El sensor de humedad básicamente son dos placas paralelas que mediante la conductividad eléctrica que tiene el agua generara cierto potencial eléctrico mediante el divisor de voltaje. “Este sensor se comunica con el puerto analógico del Arduino, son ideales para las plantas siendo su fácil uso con el simple hecho de introducirlas en la tierra” (BricoGreek, 2020)

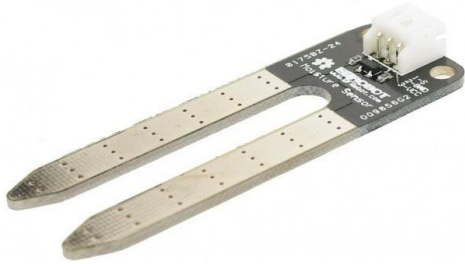


Figura 12. sensor de humedad
Fuente: BricoGreek, 2020

Sensor de temperatura

Con el fin de realizar una caracterización de las plantas, según CANNA (2019) explica que “la temperatura de las plantas se diferencian con las del ambiente puesto que las planta bajan su temperatura por evaporación y se calientan por irradiación para alcanzar una temperatura optima conveniente para la planta” (p. 1), por lo que para realizar un monitoreo es necesario realizar en la zona de la tierra húmeda para ver su proporción de secado y su humedad.

“La temperatura aporta información de evatransmisión de los cultivos permitiendo obtener un coeficiente de cultivo K_c de desarrollo radicular y los días de duración del cultivo”(Lugo Espinosa et al., 2011, p. 9). Para caracterizar el suelo se requieren

información del suelo en donde están los cultivos como los materiales orgánicos e inorgánicos.

Para obtener la temperatura se utilizará el termistor NTC como sensor de temperatura.

Que está gobernado por la siguiente ecuación.

$$R_t = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T_t} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

[5]

R_t : resistencia con respecto a la temperatura absoluta T_t .

R_0 : resistencia con respecto a la temperatura absoluta T_0 .

β : Constante de temperatura.



Figura 13. Sensor de temperatura

Fuente: Sénder, 2019

Reloj a tiempo real para Arduino

Es un módulo que nos permite obtener datos con su respectivo tiempo. “Este módulo es programable con el Arduino, el RTC DS 1302 para que mantenga su información independiente requiere de una batería CR 2032 lo cual tendrá una independencia de aproximadamente 3 años” (Elegant Themes, 2019).

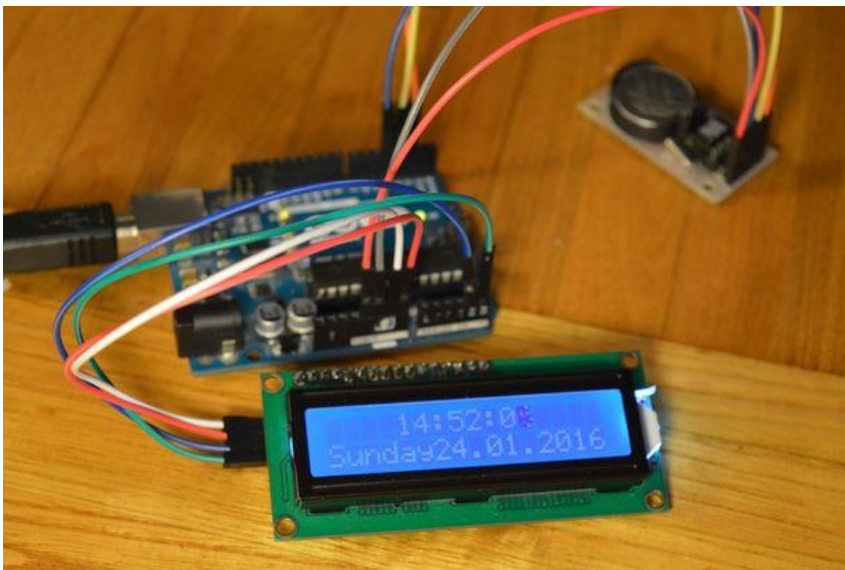


Figura 14. Reloj a tiempo real Ds 1302

Fuente: Akix, 2020

Adaptador de SD para Arduino

Con el objetivo de poder guardar la información de temperatura, humedad y la hora, existe en el mercado un módulo que nos permite conectar una memoria micro SD la misma que utilizan muchos celulares, “para poder almacenar la información que va

obteniendo el Arduino de los sensores para luego extraerlo en la computadora y así poder sacar la evolución que transcurre a través del tiempo” (Macho, 2020).



Figura 15. Módulo de SD para Arduino
Fuente: Ivan D, 2019

2.2.6. Selección de bomba

La bomba hidráulica como es conocido comúnmente, es una parte esencial para los sistemas de riego puesto que es el impulsor del flujo hídrico. “Conociendo la potencia mínima necesaria que requiere la carga y que en nuestro caso tiene un desplazamiento positivo entregando un caudal y siendo esta constante” (Bezares SA, 2017; Mott, 2006a).

Según Mott, (2006a) :

Naturaleza del líquido por bombear.

Capacidad requerida (Flujo volumétrico).

Condiciones del lado de succión (entrada) de la bomba.

Condiciones del lado de descarga (salida) de la bomba.

Carga total sobre la bomba (termino ha de la ecuación de la energía).

Tipo de sistema donde la bomba impulsa el fluido.

Tipo de fuente de potencia (motor eléctrico).

Limitaciones de espacio, peso y posición.

Condiciones ambientales.

Costos de adquisiciones e instalación de la bomba.

Costo de operación de la bomba.

Códigos y estándares gubernamentales.

El elaborador y la clase de bomba.

Tamaño de la bomba.

Tamaño de la conexión de succión y su tipo (brida, atornillada y otras).

Tamaño de la conexión de descarga.

Velocidad de operación.

Detalles del impulsor (en un motor eléctrico, potencia que necesita, velocidad, voltaje, fase, frecuencia, porte del chasis, y el modelo de cubierta).

Ejemplar de acoplamientos, fabricante y número de modelo.

Detalles del montaje.

Materiales y accesorios particulares que se necesita, si hubiera alguno.

Diseño y materiales del sello del eje.

Estos parámetros son necesario para realizar la distinción de una bomba y para encontrar su eficiencia en la bomba se utilizará la siguiente figura, puesto que la bomba que utilizaremos es de tipo rotatoria.

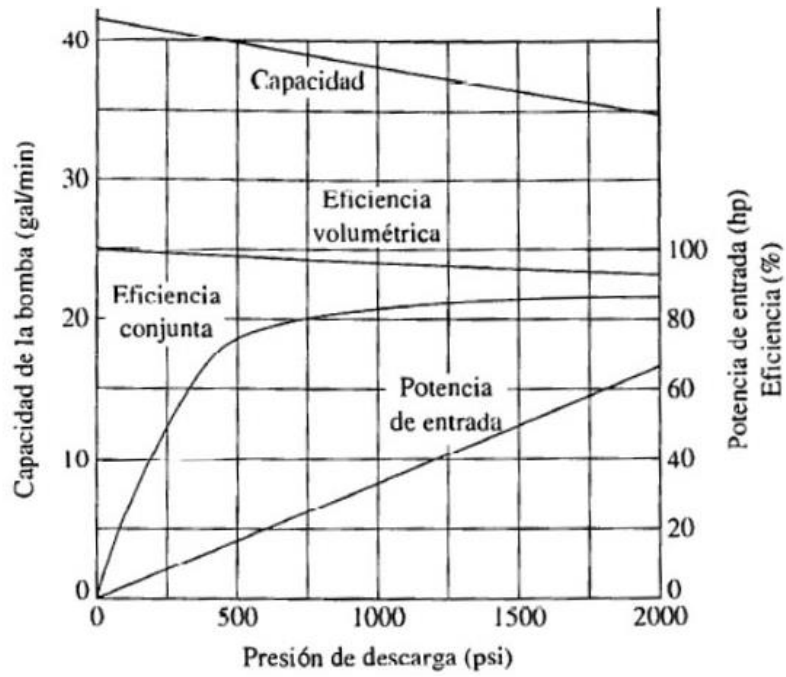


Figura 16. Rendimiento para una bomba rotatoria
Fuente: Mott, 2006a

2.3. Definición de términos

Automatizado: movimiento o efecto que coordina solo e individualmente.

Condiciones ambientales:

Densidad: Es una dimensión escalar expresada que la masa ocupa un volumen de un elemento.

Energía cinética: Es la energía que tiene en elemento con su traslación.

Factor de convección: Es un coeficiente de traspaso de calor mediante flujo de aire o gas.

Humedad específica: Es una relación a traves de la presión parcial y del vapor de acuoso y la presión de vapor de equilibrio del agua en la determinada temperatura.

Humedad: Es la acumulación de líquido o de vapor de agua o de otro líquido que se encuentra concurrente en el área, dentro de un cuerpo o en el aire.

NPSH: de sus siglas Net Positive Suction Head los cuales en español es Altura Neta Positiva en la Aspiración.

NTC: es uno de los tipos de termistores que varía su resistencia con coeficiente negativo.

Sensores: material que es sensible a un estímulo que cuantifica una magnitud para ser utilizado mediante un ejecutor.

Subterránea: materia o algo que se encuentra debajo del nivel terrestre, como las tuberías que transportan agua en las ciudades lo hacen generalmente en la tierra, debajo del pavimento,

Temperatura: La temperatura es una medición escalar que expresa la energía de un sistema termodinámico.

Válvulas: regulador y monitoreo del líquido o gas.

Viscosidad cinemática: Es un atributo de los fluidos que menciona la alta o baja resistencia que ofrece al traslado de sus partículas cuando están sometido a un esfuerzo cortante.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de la investigación

El tipo de la investigación es aplicada, “en razón de que buscamos para consolidar conocimientos solucionando el problema determinado y planteado” (Hernández-Sampieri et al., 2014).

El diseño de una investigación “es la es un pre experimental por la razón de que las variables no son manipuladas solo son medidas” (Carrasco Diaz, 2008).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Las plantaciones del modulo

3.2.2. Muestra

Se utiliza todas las plantaciones del módulo.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de variables Independiente y Dependiente

Variable	Dimensión	Indicador
	Diámetro del tubo.	metros
VI: Diseño de un sistema de riego automatizado modular.	Caudal de la bomba. Potencia de la implementación Automatizado	Litros por segundos. Watts.
VD: Ahorro del agua en Tacna, en el año 2020	Monitoreo de la humedad Monitoreo de la temperatura	Conductividad del sensor FC-28 Celsius

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

La información de la presente investigación se obtendrá usando los instrumentos referenciados en la Tabla 2 los cuáles serán aceptados por ingenieros especialistas.

Tabla 2

Instrumentos para recolección de datos

Técnica	Uso	Instrumentos
Observación	Análisis documentario de tablas, mecánica de fluido, electricidad, electrónica.	Unidades de datos.
	Goteo.	Conteo.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procesamientos y análisis de datos

No aplica

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Resultados del diseño

Lo que corresponde al diseño de la parte de mecánica de fluidos, “esta tesis se basó en la bibliografía que nos detalla en su capítulo 13 sobre la selección de bombas y el diseño de tuberías” (Mott, 2006b).

4.1.1. Selección de la Bomba.

Según la bibliografía señalada los pasos a considerar, la selección de bomba en la siguiente tabla.

Tabla 3

Características para el bombeo

Descripción	Datos
Esencia del líquido por bombear	Agua potable
Capacidad que se requiere (Flujo volumétrico)	36 mL/s
Condiciones del lado de succión (entrada) de la bomba.	22 mm de diámetro

Disposición del lado de descarga (salida) de la bomba.	10 mm de diámetro
Tipo de sistema en donde la bomba empuja el fluido.	Bomba de paletas
Tipo de fuente de potencia	Motor eléctrico
Condiciones de espacio, peso y posición.	Largo: 84mm
	Ancho: 50mm
	Alto: 95mm.
	Peso: 0,5 kg posición: vertical
Condiciones ambientales.	Temperatura ambiente 25°C
	1 atmosfera de presión
Costos de adquisiciones e montaje de la bomba.	120 soles
Costo de acción en la bomba.	10 soles
Tipo de bomba y su fabricante.	Tipo: eléctrico
	Fabricante: Asian Star
Configuración de la conexión de succión y su tipo (brida, atornillada y otras).	A presión
Dimensión de la unión de descarga.	10 mm de diámetro

Velocidad de operación	3600 RPM
	potencia: 9W
	Velocidad: 3600 RPM.
Especificaciones para el impulsor	Voltaje: AC 220/240.
	Frecuencia: 60Hz.
	Cubierta: plástico.
Tipo de acoplamientos, fabricante y numero de modelo.	Acoplamiento de presión.
	Detalles del montaje.
	Montaje por chupón.
Diseño y materiales del sello del eje.	Diseño magnético del eje.

Fuente: Elaboración propia.

Para dar con la selección de la bomba tenemos alternativas los cuales presentamos en la siguiente tabla.

Tabla 4
Selección de la bomba

tipo de bomba	Voltaje de operación	Potencia	Sumergible
Bomba Decdeal	5 V cc	0,9 W	si



Bomba DP-521	12V cc	24 W	No
--------------	--------	------	----



Bomba Asian Star	220V ca	9 W	Si
------------------	---------	-----	----



Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla anterior se muestra que la mejor opción que tenemos es la Bomba Asian Star primeramente porque permite trabajar con 220 V de corriente alterna, la cual es conveniente para el sistema modular al que se empleó.

4.1.1.1. Cálculo de potencia de la bomba

Aparte de las referencias de las bibliográficas citada también se puede realizar el cálculo de la bomba por medio de las ecuaciones descritas a continuación.

$$P_M = \frac{h_A \gamma Q}{e_M} = \frac{0,18m * 1000N/m^3 * 6 \times 10^{-5} m^3/s}{0,84} = 1,2 \times 10^{-2} W$$

4.1.2. Diseño de tuberías

“Eligimos las especificaciones del sistema, inclusive del fluido por bombear, el valor de diseño del flujo volumétrico que se requiere, la ubicación del depósito donde proviene el fluido, la ubicación del punto de destino y cualesquiera elevaciones y presiones prescritas, en particular en la fuente y el destino” (Mott, 2006b).

$$Q= 6 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

Temperatura = 20 °C

Fuente: P = 1 atm, elevación 0,15m

Destino: P = 1 atm, elevación 0,18 m

“Determinamos las propiedades del fluido, incluso de la temperatura, peso específico, densidad y cinemática y presión de vapor” (Mott, 2006b).

Agua a 20 °C : Peso específico = 9792,4116 N/m³ ; viscosidad (ν)= 10⁻⁶ , no hay presión de vapor

“Generamos una distribución propuesta por la tubería, que incluye el lugar donde el fluido se tomará del depósito de fuente, la ubicación de la bomba y de los detalles de la línea de succión y descarga con las válvulas” (Mott, 2006b). Los acoplamientos y accesorios especiales apropiados. “Considere las conexiones a los depósitos y las

eventuales necesidad de interrumpir o controlar el flujo volumétrico de líquido, impedir el retroceso indeseable del flujo y el dar servicio a la bomba y otros equipos del sistema”(Mott, 2006b).

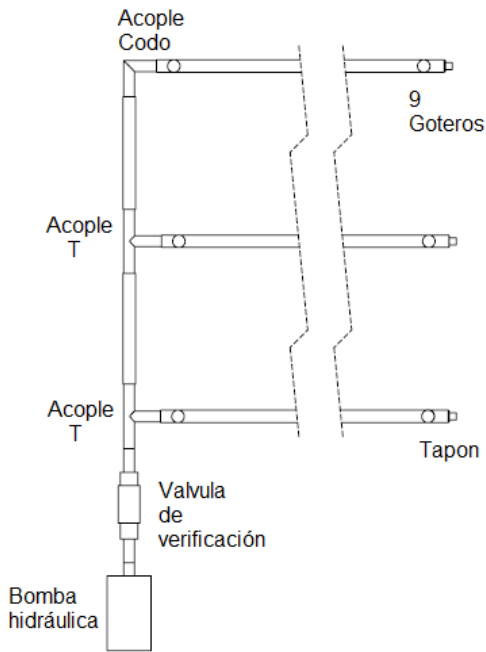


Figura 17. Circuito del fluido A.
Fuente: Elaboración propia.

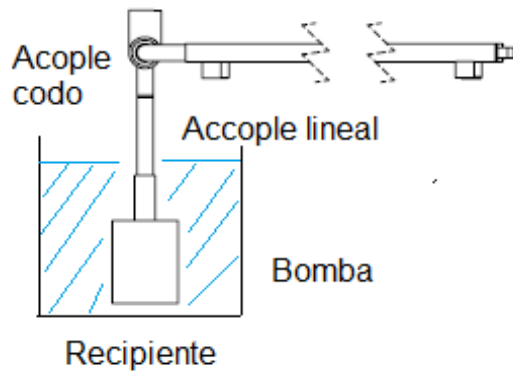


Figura 18. Circuito del fluido B.
Fuente: Elaboración propia.

Determine la longitud de la tubería en la línea de succión y descarga.

Succión = 0 m

Descarga = 4,52m

Especificamos las formas de tubería para la succión y descarga

Línea de succión es de diámetro 0,02186 m, área= $3,7531 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Línea de descarga es de diámetro 0,0127 m, área= $1,2667 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$

Analizamos el rendimiento del procedimiento al flujo volumétrico de plan para determinar la carga dinámica total h_a .

Utilizando la ecuación: $h_a = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1 + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$

$$h_a = \frac{10^5 - (10^5 + 10^3 \times 9,81 \times 0,18)}{9792,41} + 0,22 - 0,18 + \frac{0,473^2 - 0,47^2}{19,62}$$

$$h_a = 0,18 + 0,04 + 0$$

$$h_a = 0,22m$$

Evalúe la carga estática total h_0 .

$$h_0 = \frac{P_2 - P_1}{\gamma} + Z_2 - Z_1$$

$$h_0 = 0,18 + 0,04$$

$$h_0 = 0,22m$$

“Seleccionamos una bomba apropiada que entre al menos el flujo volumétrico de diseño contra la carga dinámica total ha dicho flujo de volumétrico”(Mott, 2006b) ,por lo que hay que examinar lo siguiente:

$$Q = 0,4 \frac{L}{min}$$

La bomba que utilizamos tiene $13 \frac{L}{min}$

Utilizar las siguientes figuras.

“Elegimos una bomba con eficiencia alta en el punto de diseño, para la que el punto de operación se encuentre cerca del punto de eficiencia óptima (BEP) de la bomba”(Mott, 2006b) .

“Los estándares que emiten el conjunto el ANSI y el hidraulic Institute (HI), estipulan para las bombas centrifugas una región de operación preferida (POR) que este entre los rangos de 70 y 120 % de BEP”(Mott, 2006b).

Especifica el nombre del modelo, viscosidad, tamaño del impulsor y de los puertos de succión y descarga.

“Determinamos algunos puntos de la curva del sistema con del análisis de carga total que corresponda un rango de flujos volumétricos”(Mott, 2006b). “La hoja de cálculo descrita en la sección anterior facilita mucho este proceso, porque todos los datos del sistema se habrán introducido en el paso seis”(Mott, 2006b). Entonces sólo se requiere cambiar los flujos volumétricos hincada cálculo.

En la siguiente figura podemos notar que en un circuito en paralelo el caudal total Q_t es igual a la suma de $Q_a + Q_b + Q_c$, también las perdidas en cada tramo del circuito son iguales ($h_a=h_b=h_c$).

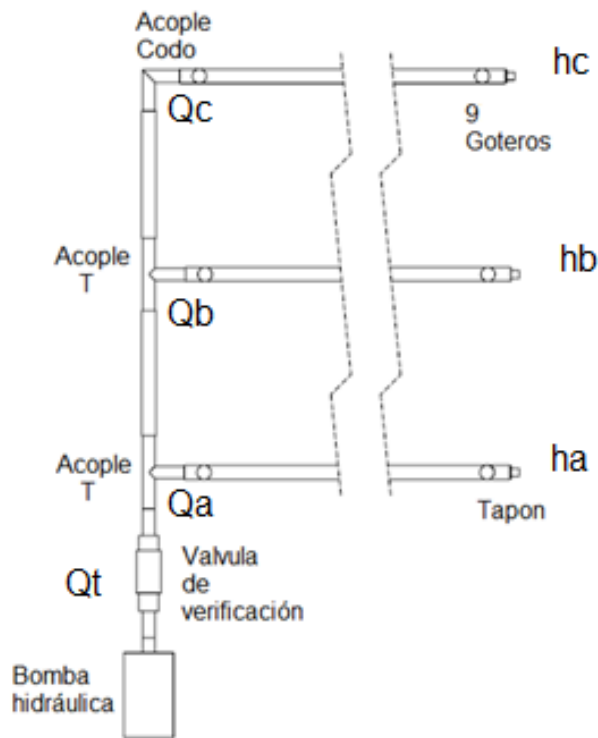


Figura 19. Circuito del fluido, caudales y pérdidas en un circuito paralelo.
Fuente: Elaboración propia.

Las pérdidas en cada rama a serán:

$$h_a = K_{a1} \left(\frac{v_a^2}{2g} \right) + K_{a2} \left(\frac{v_a^2}{2g} \right)$$

Encontramos el factor de fricción (ft) en acoplamiento que está hecho de material plástica, es necesario utilizar el diagrama de Moody.

La rugosidad relativa: $\frac{D}{\epsilon} = \frac{1,27 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-7}} = 0,92 \times 10^5$, entonces el ft es igual a 0,009.

$$K_{a1} = 60ft = 60 \times 0,009 = 0,54$$

$$K_{a2} = Fl \frac{Lt}{Dt} = Fl \frac{0,75}{1,27 \times 10^{-2}} = 59,06 Fl$$

donde:

K_{a1} : coeficiente de resistencia acople tipo T.

K_{a2} : pérdidas por fricción en tubería en la rama a.

v_a^2 : Velocidad al cuadrado en la rama a.

G: aceleración de la gravedad.

D: diámetro del acople T.

Dt: diámetro de la tubería en la rama a.

Lt: longitud de la tubería en la rama a.

ϵ : rugosidad del plástico

$$h_a = 0,54 \left(\frac{v_a^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_a^2}{2g} \right)$$

Las pérdidas en cada rama b serán:

$$h_b = K_{b1} \left(\frac{v_b^2}{2g} \right) + K_{b2} \left(\frac{v_b^2}{2g} \right) + K_{b3} \left(\frac{v_b^2}{2g} \right)$$

Para encontrar el factor de fricción (ft) en acoplamiento que está hecho de material plástica, es necesario utilizar el diagrama de Moody.

La rugosidad relativa: $\frac{D}{\epsilon} = \frac{1,27 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-7}} = 0,92 \times 10^5$, entonces el ft es igual a 0,009.

$$K_{b1} = 20ft = 20 \times 0,009 = 0,18$$

$$K_{b2} = Fl \frac{Lt}{Dt} = Fl \frac{0,75}{1,27 \times 10^{-2}} = 59,06 Fl$$

$$K_{b3} = 60ft = 60 \times 0,009 = 0,54$$

donde:

K_{b1} : coeficiente de resistencia acople tipo T.

K_{b2} : perdidas por fricción en tubería en la rama b.

K_{b3} : coeficiente de resistencia acople tipo T.

v_b^2 : Velocidad al cuadrado en la rama b.

G: aceleración de la gravedad.

D: diámetro del acople T.

Dt: diámetro de la tubería en la rama b.

Lt: longitud de la tubería en la rama b.

ϵ : rugosidad del plástico

$$hb = 0,18 \left(\frac{v_b^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_b^2}{2g} \right) + 0,54 \left(\frac{v_b^2}{2g} \right)$$

Las pérdidas en cada rama c serán:

$$hc = K_{c1} \left(\frac{v_c^2}{2g} \right) + K_{c2} \left(\frac{v_c^2}{2g} \right) + K_{c3} \left(\frac{v_c^2}{2g} \right)$$

Para encontrar el factor de fricción (ft) en acoplamiento que está hecho de material plástica, es necesario utilizar el diagrama de Moody.

La rugosidad relativa: $\frac{D}{\epsilon} = \frac{1,27 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-7}} = 0,92 \times 10^5$, entonces el ft es igual a 0,009.

$$K_{c1} = 40ft = 40 \times 0,009 = 0,36$$

$$K_{c2} = Fl \frac{Lt}{Dt} = Fl \frac{0,75}{1,27 \times 10^{-2}} = 59,06 Fl$$

$$K_{c3} = 30ft = 30 \times 0,009 = 0,27$$

donde:

K_{c1} : coeficiente de resistencia acople tipo T.

K_{c2} : perdidas por fricción en tubería en la rama c.

K_{c3} : coeficiente de resistencia acople tipo T.

v_c^2 : Velocidad al cuadrado en la rama a.

G: aceleración de la gravedad.

D: diámetro del acople T.

Dt: diámetro de la tubería en la rama a.

Lt: longitud de la tubería en la rama a.

ϵ : rugosidad del plástico

$$hc = 0,36 \left(\frac{v_c^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_c^2}{2g} \right) + 0,27 \left(\frac{v_c^2}{2g} \right)$$

Como es un sistema en paralelo se cumplen $h_a = h_b = h_c$

$h_a = h_b$

$$0,54 \left(\frac{v_a^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_a^2}{2g} \right) = 0,18 \left(\frac{v_b^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_b^2}{2g} \right) + 0,54 \left(\frac{v_b^2}{2g} \right)$$

$$\frac{v_a^2}{v_b^2} = \frac{0,72 + 59,06 Fl}{0,54 + 59,06 Fl}$$

$$v_a = 1,08v_b$$

Ahora emplearemos $h_a = h_c$.

$$0,54 \left(\frac{v_a^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_a^2}{2g} \right) = 0,36 \left(\frac{v_c^2}{2g} \right) + 59,06 Fl \left(\frac{v_c^2}{2g} \right) + 0,27 \left(\frac{v_c^2}{2g} \right)$$

$$\frac{v_a^2}{v_c^2} = \frac{0,63 + 59,06 Fl}{0,54 + 59,06 Fl} = 1,08$$

$$v_a = 1,04v_c$$

Sabemos que $Q_t = Q_a + Q_b + Q_c$

$$Q_t = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$Q_t = A(v_a + v_b + v_c) = A \left(v_a + \frac{v_a}{1,08} + \frac{v_a}{1,04} \right)$$

$$60 \times 10^{-6} = 1,27 \times 10^{-4} \left(v_a + \frac{v_a}{1,08} + \frac{v_a}{1,04} \right)$$

$$47,37 \times 10^{-2} = 2,89v_a$$

$$v_a = 16,39 \times 10^{-2} \frac{m}{s}$$

Entonces

$$v_b = \frac{v_a}{1,08} = 15,18 \times 10^{-2} \frac{m}{s}$$

$$v_c = \frac{v_a}{1,04} = 15,76 \times 10^{-2} \frac{m}{s}$$

Estos valores se comprueban con el número de Reynolds

$$N_R = \frac{v_b D}{\nu} = \frac{15,18 \times 10^{-2} \times 1,27 \times 10^{-2}}{10^{-6}} = 1,92 \times 10^3$$

Corresponde a un factor de fricción para la tubería.

$$f_l = \frac{64}{N_R} = \frac{64}{1,92 \times 10^3} = 33,33 \times 10^{-2}$$

Nos indica que el flujo es laminar.

“Gráfica la curva del sistema sobre la gráfica del rendimiento de la bomba y determina el punto de operación real esperado, en la intersección de la carga de la bomba versus la curva del flujo y la curva del sistema”(Mott, 2006b).

“En el punto real de operación, determina la potencia requerida, el flujo volumétrico real entregado, deficiencia y la NPSH que requiere”(Mott, 2006b).
 “También compruebe el tipo de bomba, los requerimientos del montaje y los tipos y tamaños de los puertos de succión y descarga”(Mott, 2006b).

Primeramente, se encuentra la eficiencia de la bomba. Para nuestro caso la eficiencia se mostrará la figura siguiente.

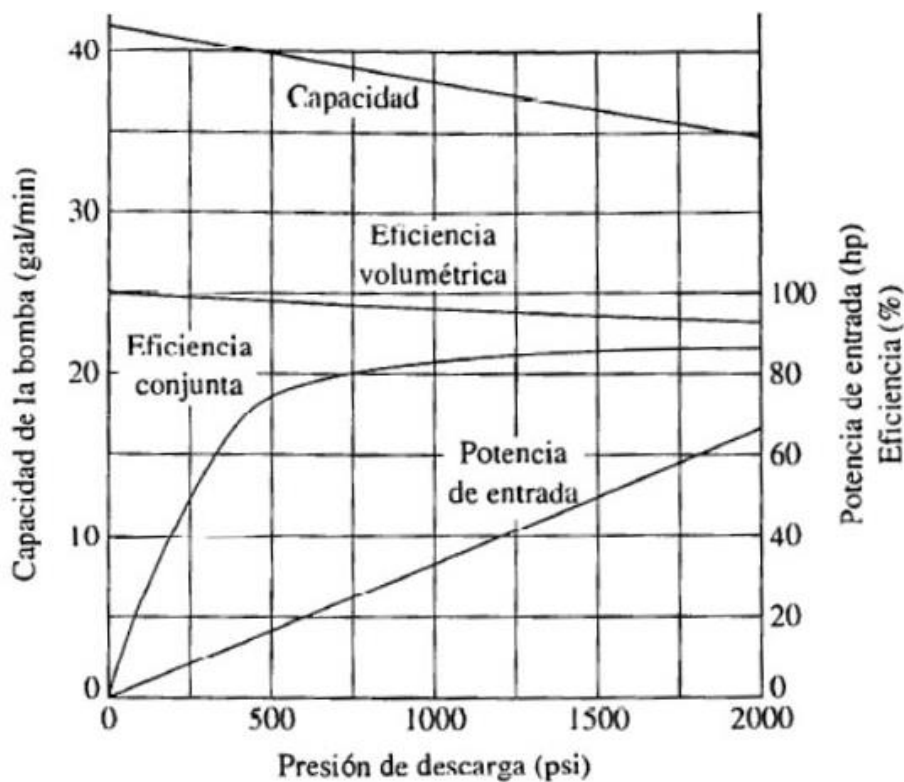


Figura 20. Curva del rendimiento de una bomba.
 Fuente: Mott, 2006.

Se muestra que la capacidad de la bomba está en el sistema inglés, para utilizar la curva mostrada debemos convertir nuestro

El caudal máximo de la bomba es de 0,22 L/s

$$Q = 0,22 \frac{L}{s} = 3,49 \frac{gal}{min}$$

La presión es de 14,50 psi.

Según la gráfica la eficiencia será de un 84 %.

Calcule la NPSH disponible, NPSHA, del sistema, por medio de la ecuación.

Para realizar el cálculo se utilizará la siguiente formula.

$$NPSH_R = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp}$$

Donde:

h_{vp} (20°) : carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, 0,24m.

h_{sp} : carga de presión estática.

h_s : diferencia de elevación.

h_f : pérdida de carga en la tubería de succión, en nuestro caso no hay pérdidas.

$$h_{sp} = \frac{P_{sp}}{\gamma} = \frac{10^5}{9789} = 10,22m$$

$$NPSH_R = 10,22 + 0,19 - 0,24 = 10,17m$$

Asegúrese de que $NPSHA > 1.1 NPSHR$ para todas las condiciones esperadas de operación.

$$NPSHA > 1,1 NPSHR$$

$$\frac{10,16}{1,1} > NPSH_R$$

$$9,24 > NPSH_R$$

$$10m > NPSH_R$$

Para nuestro caso está bien.

“Si es necesario, proporcione medios para conectar los tamaños de tubería especificados con las conexiones de la bomba si fueran de tamaños diferentes consultar con la siguiente figura”(Mott, 2006b). “Utilice una reducción o expansión graduales para minimizar las pérdidas de energía que dichos elementos área al sistema”(Mott, 2006b).

4.2. Resultados de la construcción

4.2.1. Monitoreo de temperatura

Para realizar el monitoreo de la temperatura se utilizó el sensor de temperatura termistor NTC 10K, conectado mediante un divisor de voltaje, con una resistencia de 10K en serie.

La señal que se mide en A0, la cual estará en la entrada analógica del Arduino R3.

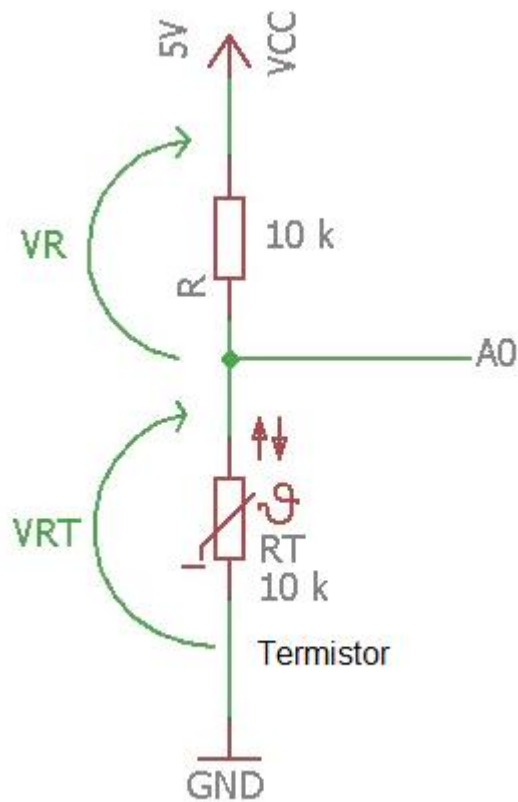


Figura 21. Circuito eléctrico para el termistor.
Fuente: Elaboración propia.

Para la obtención de la temperatura se tiene que convertir los registros obtenidos del sensor termistor en el Arduino Uno R3 para que por medio de MS Excel relacionarlo la resistencia que muestra la tarjeta del Arduino en Temperatura.

Este registro se realiza por medio del módulo micro SD para Arduino que es el grabador de datos obtenidos por medio del sensor el cual se guarda en almacenamiento

de memoria micro SD, las mismas que utilizan los celulares el diagrama de la obtención de los datos es como se identifican en la siguiente figura

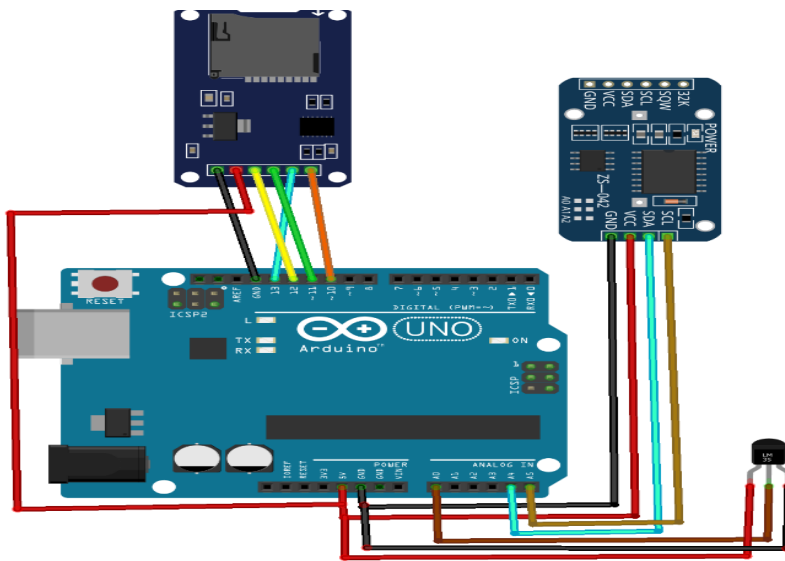


Figura 22. Termistor NTC 10k.
Fuente: Elaboración propia.

Además, en la figura se identifica un módulo de reloj a tiempo real, la cual inserta al Arduino el tiempo para que estos datos también puedan ser registrado por el modulo micro SD por medio del Arduino.

4.2.2. Monitoreo de la humedad

Para la medir la humedad, se utilizó el hidrómetro FC-28, la cual el sensor puede estar bajo tierra conectándose con su circuito electrónico de estabilización de voltaje y luego la salida de voltaje de forma analógica A0 y digital D0, que van conectada al Arduino R3 esto lo censa por la variación de la conductividad para controlar el riego que un suelo húmedo oscila entre 200-400 de la resolución del ADC.

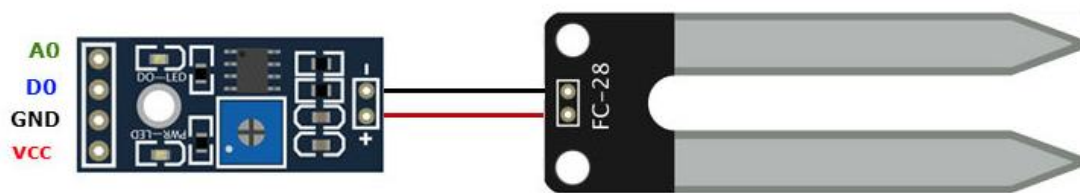


Figura 23. Módulo de sensor de humedad.
Fuente: Elaboración propia.

El modulo se conecta con el Arduino por medio del puerto analógico A0, obteniendo los datos de esta manera con el nivel de humedad calibrado para nuestro caso que es 300 (en un rango de 0 - 1024), en esencia midiendo la resistividad del circuito eléctrico.

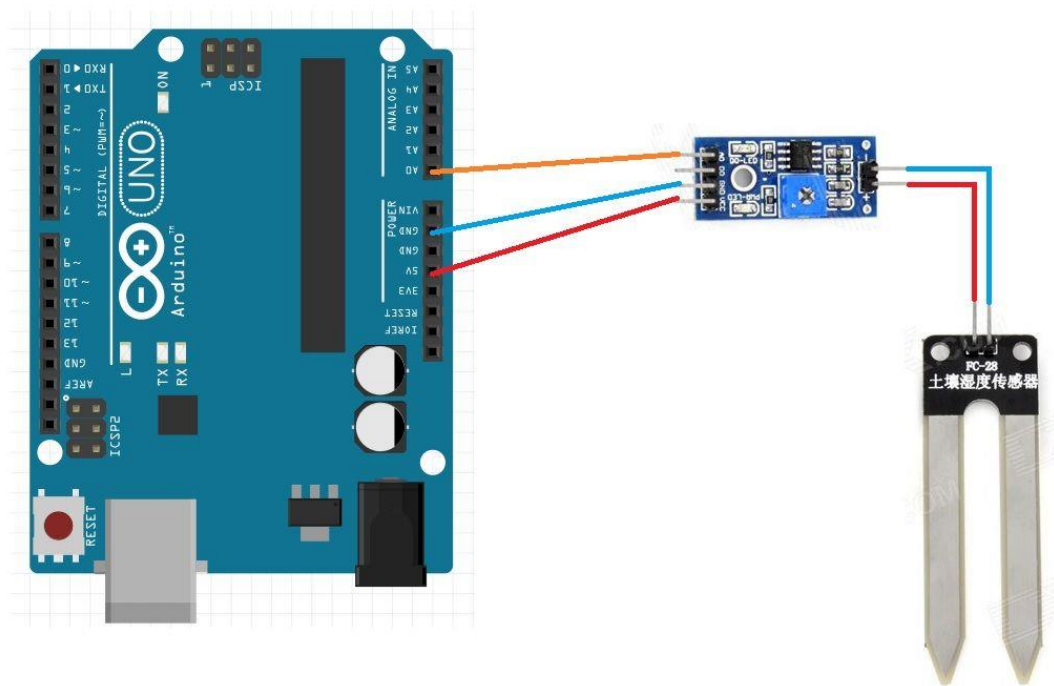


Figura 24. Conexión del módulo de humedad al Arduino Uno R3.
Fuente: Elaboración propia.

4.2.3. Instalación electrónica y software

Para la instalación electrónica se procedió con la conexión según mostrado en la siguiente figura.

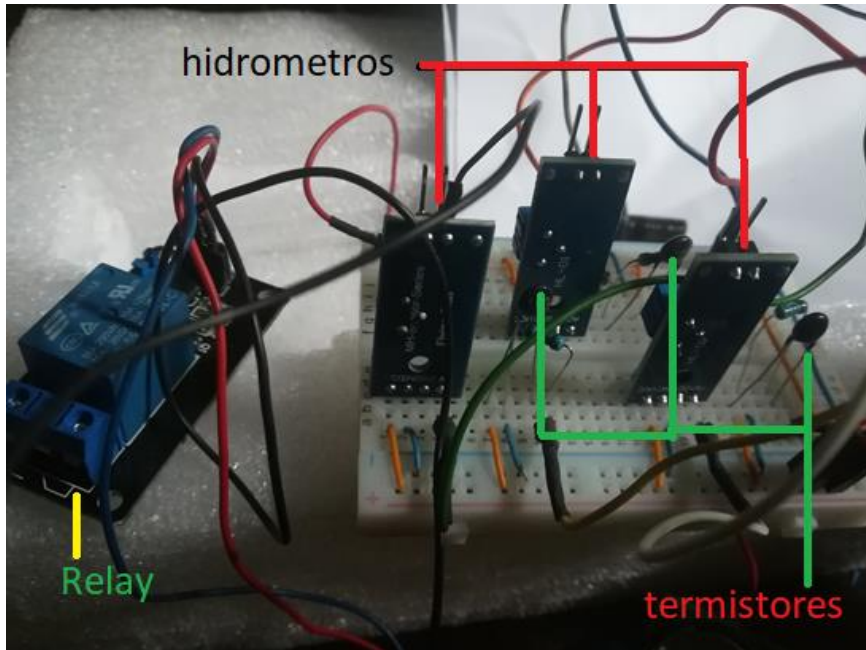


Figura 25. Conexión de los componentes del módulo del sistema de riego.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 26. Conexión de los componentes eléctricos e hidráulicos.
Fuente: Elaboración propia.

Como se muestra en la anterior figura el cableado se muestra muy desordenado es por eso que se ha construido una plataforma de circuito impreso.

Para realizar este circuito se utilizó el programa Proteus 8 de Labcenter electronic Ltd

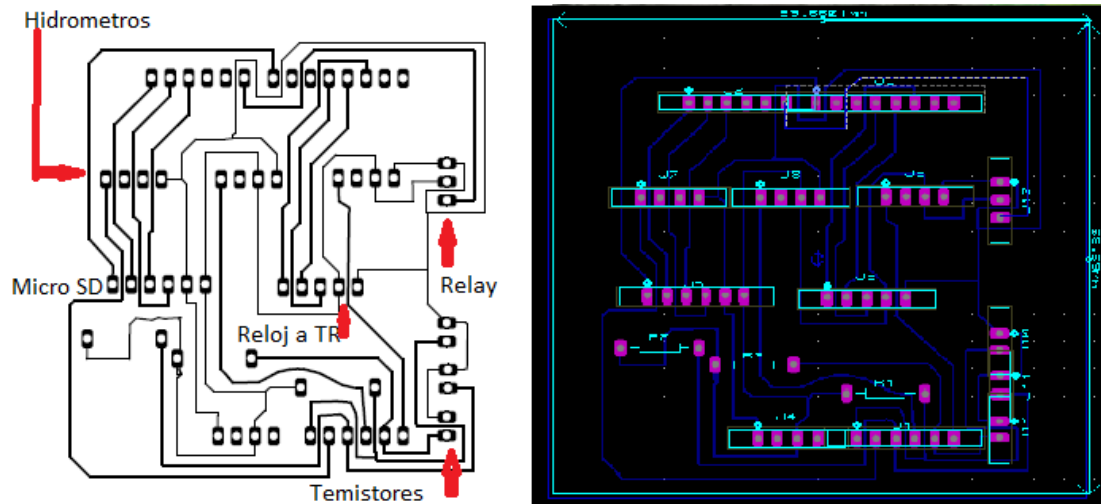


Figura 27. PCB para el modulo del sistema de riego.

Fuente: Elaboración propia.

Luego se procedió a imprimirlo mediante el método del planchado, utilizando para esto la impresión por tóner en papel cuché para luego ser transferido mediante calor a una placa de cobre.

Posteriormente se procedió a soldarlo capilarmente los componentes eléctricos como se visualiza en las próximas figuras.

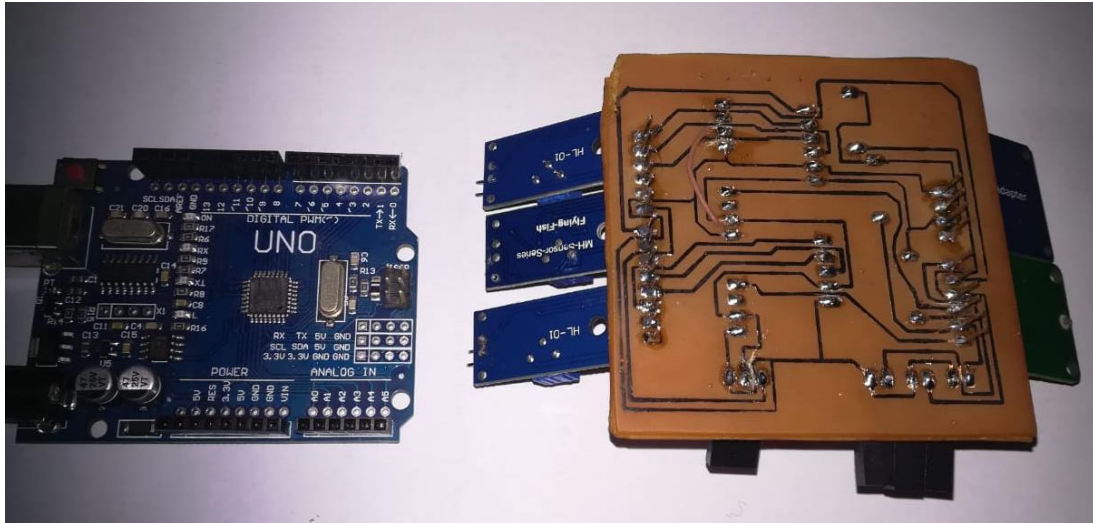


Figura 28. PCB y componentes eléctricos soldados para el modulo del sistema de riego.

Fuente: Elaboración propia.

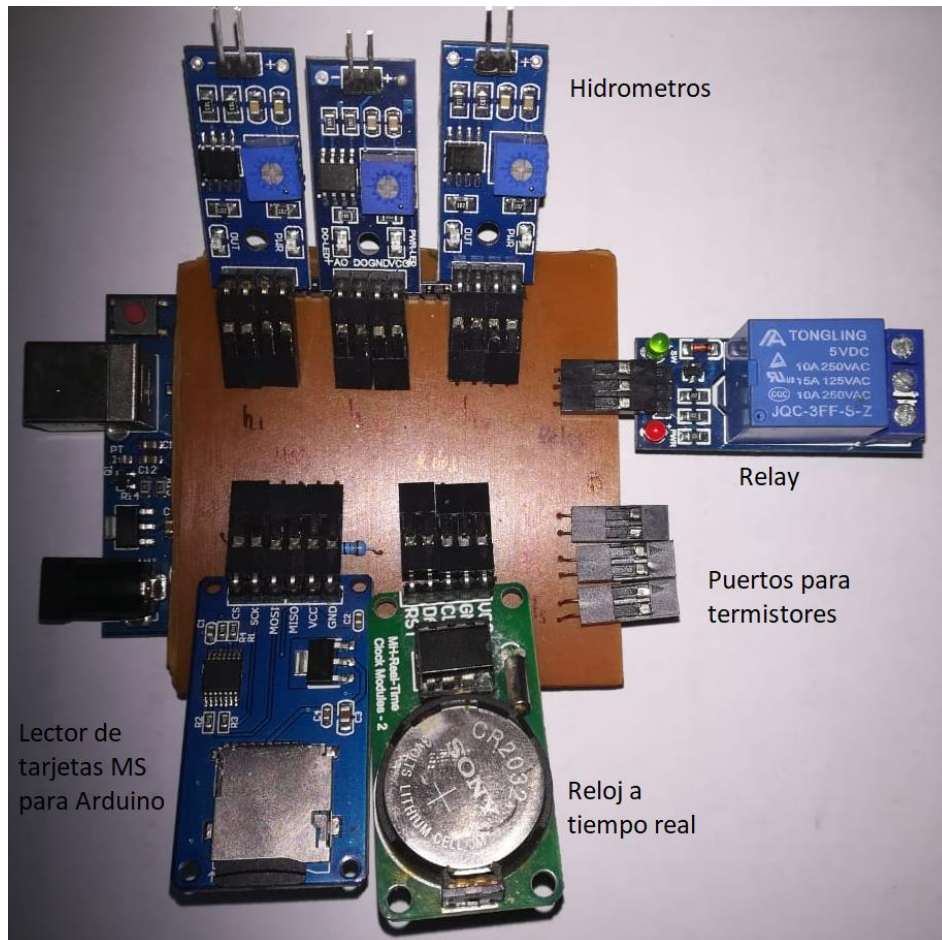


Figura 29. Montaje del PCB sobre el Arduino y sus componentes eléctricos.
Fuente: Elaboración propia.

El programa siguiente esta realizado en el entorno del Arduino IDE

Esto registra en la memoria micro SD para su posterior análisis con el programa Microsoft Excel, la cual convertirá los datos obtenidos en Temperatura.

```
este_terminado02 Arduino 1.8.8
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
este_terminado02 $
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
#include <DS1302.h>
DS1302 rtc(2, 3, 4);

const int chipSelect = 7;
const int relay = 8;
void setup() {
  // Open serial communications and wait for port to open:
  pinMode(relay, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port
  }
  Serial.print("Initializing SD card...");

  // see if the card is present and can be initialized:
  if (!SD.begin(chipSelect)) {
    Serial.println("Card failed, or not present");
    // don't do anything more:
    while (1);
  }
  Serial.println("card initialized.");
}

void loop() {
  // make a string for assembling the data to log:
  // String dataString = "";
  // delay (10000); //para el retraso
  // read three sensors and append to the string:
```

Figura 30. Programación en Arduino IDE_A.
Fuente: Elaboración propia.

```
este_terminado02 $  
  
// if the file is available, write to it:  
if (dataFile) {  
  
    // Datos del tiempo  
    // Serial.print(rtc.getDOWStr());  
    // Serial.print(" ");  
    // dataFile.print(rtc.getDOWStr());  
    // dataFile.print(" ");  
    // Send date  
    // Serial.print(rtc.getDateStr());  
    // Serial.print(" ");  
    // dataFile.print(rtc.getDateStr());  
    // dataFile.print(" ");  
    // Serial.print(" ");  
    // Send time  
    Serial.print(rtc.getTimeStr());  
    dataFile.print(rtc.getTimeStr());  
    dataFile.print(" ");  
    Serial.print(" ");  
  
    // Datos de temperatura  
  
    Serial.print(analogRead(0));  
    dataFile.print(analogRead(0));  
    dataFile.print(" ");  
    Serial.print(" ");  
  
    Serial.print(analogRead(1));  
    dataFile.print(analogRead(1));  
    dataFile.print(" ");  
    Serial.print(" ");  
}
```

Figura 31. Programación en Arduino IDE_B.
Fuente: Elaboración propia.

Serial.print(" ");

Serial.print(analogRead(4));
dataFile.print(analogRead(4));
dataFile.print(" ");
Serial.print(" ");

Serial.print(analogRead(5));
dataFile.print(analogRead(5));
dataFile.println(" ");
Serial.println(" ");

if (analogRead(1)>800 || analogRead(3)>800 || analogRead(5)>800)
 digitalWrite(relay,LOW);
 delay (1000);
else { digitalWrite(relay, HIGH); }

// dataFile.println(dataString);
dataFile.close();
// print to the serial port too:
// Serial.println(dataString);
delay (1000);
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {

Figura 32. Programación en Arduino IDE_C.

Fuente: Elaboración propia.

The image shows the Microsoft Excel interface with the 'Inicio' (Home) tab selected. The ribbon includes options for font (Calibri, size 11), bold (N), italic (K), underline (S), and alignment. The spreadsheet below has columns A through L. Column D is labeled 'Data_1'. Column E is labeled 'resistencia' and column F is labeled 'temperatura_1'. Both E and F are highlighted in yellow. The data in the spreadsheet is as follows:

	A	B	D	E	F	L
1				Data_1	resistencia	temperatura_1
2		Friday	08:59:35	519	10297.61905	24.32
3		Friday	08:59:37	519	10297.61905	24.32
4		Friday	08:59:41	519	10297.61905	24.32
5		Friday	08:59:43	519	10297.61905	24.32
6		Friday	08:59:44	519	10297.61905	24.32
7		Friday	08:59:45	519	10297.61905	24.32
8		Friday	08:59:46	519	10297.61905	24.32
9		Friday	08:59:47	519	10297.61905	24.32
10		Friday	08:59:49	519	10297.61905	24.32
11		Friday	08:59:51	519	10297.61905	24.32
12		Friday	08:59:53	519	10297.61905	24.32
13		Friday	08:59:55	518	10257.42574	24.40
14		Friday	08:59:57	519	10297.61905	24.32
15		Friday	08:59:58	519	10297.61905	24.32
16		Friday	08:59:59	518	10257.42574	24.40

Figura 33. Calculo de temperatura mediante Ms Excel.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4. Presupuesto del diseño y construcción de sistema de riego automatizado

El presupuesto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5

Lista de costo de materiales para el diseño y construcción de un sistema de riego automatizado modular

Rubros	Cantidad	Descripción	Montos
Personal	1	Investigador.	S/.300,00
Arduino Uno R3	1	Unidad de control electrónico.	S/.100,00
Mangueras	1	Contenedor del flujo del agua.	S/.20,00
Bomba de agua	1	Actuador para la circulación del agua.	S/.100,00
Plantas y macetas	9	Plantas de un solo tipo con sus contenedores y abonos.	S/.50,00
Recurso hídrico	1	Fluido para la irrigación de las plantas.	S/.5,00
Sensores de humedad	9	Indicadores de la humedad en el suelo de las plantas.	S/.50,00
Difusor de goteo	9	Gotero o filtro donde se originara las gotas de agua.	S/.10,00
Filtro de agua	1	Filtro para evitar que las partículas del agua tapen el difusor.	S/.10,00
Tanque de agua	2	Contenedor del agua para generación de presión hidráulica.	S/.10,00
Codos y uniones	7	Para el recorrido del flujo.	S/.40,00
Convertidor de electricidad	1	Convierte la electricidad de 220V ac a 5 y 12V dc.	S/.10,00

Taladro	1	Para montar los difusores en las tuberías.	S/.20,00
Pegamento	1	Para sellar los difusores al tubo de PVC.	S/.10,00
Cinta teflón	1	Para unir los tubos de PVC.	S/.5,00
Soporte para el sistema de riego	1	Soporte para que la manguera codos y difusores descansen	S/.50,00
Cable de electricidad	20	Conector de los sensores al Arduino Uno R3.	S/.20,00
Envío	1	La compra se realizara en lima.	S/.50,00
sub total			S/.705,20
IVG			S/.154,80
Total			S/.860,00

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES

En referencia a Lugo Espinosa et al., (2011), quienes publicaron la investigación de: prototipo a fin de automatizar un control de riego multicultivo, en la investigación presente se diseñó la tubería y se seleccionó la bomba para el sistema de riego automatizado en sistema abierto interactuando mediante un relay para el encendido de la bomba de acuerdo al código de programación realizado por Arduino IDE, ocasionando un riego inteligente monitoreado mediante sensores de humedad y temperatura.

Con respecto a Arámbulo Marin & Salazar Tapia, (2017) quienes difundieron: Diseño y construcción de un prototipo de sistema de riego automatizado con tecnología open source y energía renovable con monitoreo vía web para los huertos organopónicos de la prefectura del Guayas, respecto a esta investigación que utilizó sensores de humedad similarmente al presente trabajo pero a diferencia se pudo diseñar la parte mecánica teniendo nuestro propio sistema hacia las plantas como es el olivo.

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un módulo de riego automatizado permitiendo el ahorro del recurso hídrico siendo monitoreado por medio de sensores de humedad y temperatura en el presente año.

Se precisó el caudal para su diseño, en base al cálculo y el consumo del número de plantas que requieren el recurso hídrico la selección de la bomba, impulsora del recurso hídrico del presente modulo, esta bomba estará sumergida en un depósito y controlado electrónicamente.

Se diseñó las dimensiones de las tuberías que se encuentran en serie y paralelas, para esto se utilizó el diagrama de Moody para su comportamiento del flujo con respecto al área transversal.

Se realizó la construcción del módulo que comprende una parte mecánica y una parte electrónica esta última se utilizó sensores de humedad y temperatura mediante módulo de humedad para el Arduino y termistor NTC 10k para la temperatura, que esta insertada sobre una placa impresa que per mito tener poco cableado y mostrando más orden.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que para bombas de mayor potencia utilizar una protección magnética para el relay, puesto que al trabajar con mayor corriente el dispositivo falla.

Con respecto al sistema eléctrico, tener en sello hermético y lugar fresco.

La alimentación energética del Arduino utilizar una fuente de corriente directa como una batería que puede ser 7-12V.

Al momento de realizar la impresión de la placa se propone verificar la pista que estén interconectadas lógicamente.

Para futuras investigaciones se propone realizar las conexiones de los sensores de manera inalámbrica mediante radio frecuencias u otros tipos de tecnologías que permitan testear las conexiones interrumpidamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akix. (2020). *Reloj en tiempo real de Arduino usando el Ds1302 - askix.com.*

<https://www.askix.com/reloj-en-tiempo-real-de-arduino-usando-el-ds1302.html>

Andina. (2018). *Coordinarán Acciones Para Solucionar Problema De Escasez De*

Agua En Tacna -PerúConstruye.

[https://peruconstruye.net/2018/11/16/coordinaran-acciones-para-solucionar-](https://peruconstruye.net/2018/11/16/coordinaran-acciones-para-solucionar-problema-de-escasez-de-agua-en-tacna/)

[problema-de-escasez-de-agua-en-tacna/](https://peruconstruye.net/2018/11/16/coordinaran-acciones-para-solucionar-problema-de-escasez-de-agua-en-tacna/)

Apaza Mamani, D. F., & La Torre Javier, I. J. (2017). Diseño e implementación de un

sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de control y automatización

EPIME 2016 [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5970>

Arámbulo Marin, A., & Salazar Tapia, A. (2017). *Diseño y construcción de un*

prototipo de sistema de riego automatizado con tecnología open source y energía renovable con monitoreo vía web para los huertos organopónicos de la prefectura del guayas. Universidad de Guayaquil.

Bezares SA. (2017, October 31). *Noticias - Bezares SA: ¿Qué es y cómo elegir una*

Bomba hidráulica? [https://blog.bezares.es/2017/10/que-es-y-como-elegir-una-](https://blog.bezares.es/2017/10/que-es-y-como-elegir-una-bomba-hidraulica/)

bomba.html

Botanical. (2019). *Cómo mantener la humedad en las plantas ornamentales – Botanical-online*. <https://www.botanical-online.com/cultivo/humedad-como-mantener>

BricoGreek. (2020). *Sensor de humedad del suelo DFRobot SEN0114 | BricoGeek.com*. <https://tienda.bricogeek.com/sensores-humedad/651-sensor-de-humedad-del-suelo.html>

Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley* (R. A. Bosque Alayón, P. E. Roig Vázquez, & L. Campa Rojas (eds.); Octava). MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

Camaraza Medina, Y., & García Morales, O. F. (2020). *Síntesis del análisis del flujo de fluidos en tuberías ramificadas*. <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/sintesis-analisis-flujo-fluidos-tuberias-ramificadas/sintesis-analisis-flujo-fluidos-tuberias-ramificadas.pdf>

CANNA. (2019). *Influencia de la temperatura ambiental en las plantas | CANNA España*. http://www.canna.es/influencia_temperatura_ambiental_en_las_plantas

Cathala, C., Nuñez, A., & Rios, A. R. (2018). *El agua en tiempos de sequía*.

- Çengel, A. Y., & Cimbala, J. M. (2006). *Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones* (P. E. Roig Vázquez (ed.); Primera Ed). McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Cengel, Y. (2013). Transferencia de calor y masa. In P. E. Roig Vázquez & A. L. Delgado Rodríguez (Eds.), *Journal of Chemical Information and Modeling* (Tercera ed, Vol. 53, Issue 9). McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chipugsi Calero, F. J. (2014). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de energía producida por un colector solar plano*. [Proyecto de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica, Umiversidad de la Fuerzas Armadas]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8819/1/T-ESPEL-EMI-0262.pdf>
- CLR. (2020). *Pasos y consejos para desarrollar tus proyectos de ingeniería mecánica* – Blog CLR. <https://clr.es/blog/es/pasos-y-consejos-para-desarrollar-tus-proyectos-de-ingenieria-mecanica/>
- Cruz Concha José Carlos. (2009). *Diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva italia*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- de Leo, O. (2015). *Tuberías en-serie y paralelos*.

<https://es.slideshare.net/omizzdeleo/tuberias-enserie-y-paralelos>

Delgado-Aguiñaga, J. A., Orozco-Mora, J. L., & Ruiz-Beltrán, E. (2013). Solución al problema de desacoplamiento mediante un controlador proporcional difuso de un sistema regular de riego con tuberías en paralelo. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 14(4), 523–536. [https://doi.org/10.1016/s1405-7743\(13\)72263-7](https://doi.org/10.1016/s1405-7743(13)72263-7)

Elegant Themes. (2019). *DS3231 el reloj en tiempo real de gran precisión para Arduino - Geek Factory*. <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/ds3231-el-reloj-en-tiempo-real-de-gran-precision-para-arduino/>

Flores Gallardo, H. (2017). *Implementación del riego por gravedad en Durango*. https://www.researchgate.net/figure/Figura-8-Implementacion-del-riego-por-gravedad-en-Durango_fig9_322924153

Guijarro Rodríguez, A. A., Cevallos Torres, L. J., Preciado Maila, D. K., & Manzur Zambrano, N. B. (2018). Sistema de riego automatizado con arduino. *Espacios*, 39, 27. <https://doi.org/10.1023/A:1025882914527>

Huppes, J., Van den Houten, L., Broer, M., & Kuijk, S. (2020). *Tuberías en paralelo - Mecánica de fluidos*. <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-sonora/mecanica-de-fluidos/resumenes/tuberias-en-paralelo/2995617/view>

- Ivan D. (2019, April 3). *Módulo SD para Arduino: ¿cómo usar tarjetas de memoria en Arduino?* <https://www.tarjetasdememoria.info/guia-tarjeta-memoria-micro-sd-arduino/>
- Jiménez Mur, J. E. (2020). *Tuberías en serie y paralelo | PumpsBombas*. <https://pumpsbombas.com/curso/curso-nociones-practicas-flujo-fluidos/leccion/8-tuberias-serie-paralelo/>
- Leoz, S., Martínez, M., Vázquez, F., & Paredes, V. (2018). *Sistema de riego automatizado*. <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-rural/sistema-de-riego-automatizado---sergio-leoz--marcos-martinez--fabio-vazquez--valeria-paredes--1669213.html>
- Lugo Espinosa, O., Nolasco, A. Q., Mengelberg, J. R. B., Hebert Del Valle Paniagua, D., Palacios Vélez, E., & Marín, M. Á. (2011). Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 2, 659–672.
- Macho, J. C. (2020). *Shield Ethernet y SD card | Tienda y Tutoriales Arduino*. <https://www.prometec.net/sdcard/>
- Mott, R. L. (2006a). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta). Pearson/Educación.
- Mott, R. L. (2006b). *Mecánica de Fluidos* (P. M. Guerrero Rosas & B. Gutiérrez

- Hernandez (eds.); Sexta Edic). Pearson educación de México, SA de C.V.
- Naylamp Mechatronics. (2020). *Relay 5VDC SRD-05VDC-SL-C - Naylamp Mechatronics - Perú*. <https://naylampmechatronics.com/drivers/263-relay-5vdc-srd-05vdc-sl-c.html>
- Novagric. (2016). *Riego por aspersión | Agrícola, Jardines, Zonas Verdes*. <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-aspersion>
- Pérez Farrás, L. E., & Pérez, S. (2007). *Criterios de diseño, cálculo y selección de tuberías en base al criterio de las prestaciones equivalentes*. www.fi.uba.ar/archivos/institutos_criterio_seleccion_tuberias.pdf.
- Resendiz Badillo, R. (2017). *Fluidos dinamicos*. <https://www.slideshare.net/RamiroResendizBadill/fluidos-dinamicos>
- Romero, R. (2017). *Sistemas de riego por aspersión - Sistemas de Riego*. <https://sistemasderiego.net/riego-por-aspersion/>
- Salgado Garciglia, R. (2018). *Las plantas regulan la temperatura ambiental: Cienciarío.mx*. <https://revolucion.news/cienciarío.mx/las-plantas-regulan-la-temperatura-ambiental/>
- Santa Cruz, F., Angulo, I., Estrada, H., Aguilar, I., Peña, K., & Padilla, J. (2016,

November 3). *Los tipos de riego y sus ventajas: ¿Cuál es el adecuado?*

<http://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-en-la-agricultura-y-ventajas/>

Sénder, R. J. (2019). *Termistor NTC 10K Ohm 103 -55C a 125C | Un mundo de*

electrónica para ti. <https://hifisac.com/shop/product/th-10k-termistor-ntc-10k-ohm-103-55c-a-125c-6500?category=189>

Simancas Cabrera, A. J. (2019). *Asociación de Tuberías en Serie* .

<http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/asociacion-de-tuberias-en-serie/>

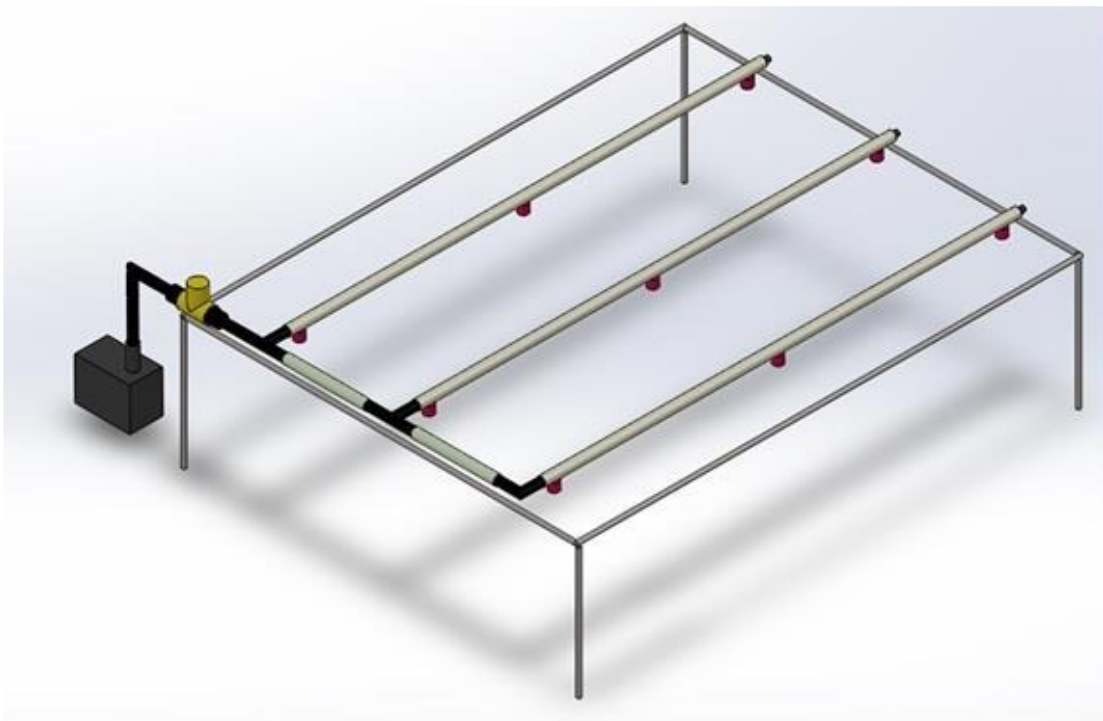
Sosa Sarmiento, J. D. (2016). *Análisis de la sequía hidrológica en el Perú*. Universidad

Nacional Agraria la Molina.

ANEXOS

ANEXO 1

PROTOTIPO DE RIEGO AUTOMATIZADO



ANEXO 2

PROPUESTA DE RIEGO EN OLIVOS

