



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniero Industrial

Proyecto de investigación:

**“PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE
RIEGO MEDIANTE SIMULACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE
LA HACIENDA CHARITO 1”**

Autor:

Naranjo Jiménez Leonardo Iván

Director de proyecto de investigación:

Ing. Mawyin Veliz Jefferson Patricio

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Naranjo Jiménez Leonardo Iván**, declaro que el trabajo 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.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

f. Iván Naranjo.
Naranjo Jiménez Leonardo Iván
C.C # 1207133487



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Mawyin Veliz Jefferson Patricio**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Naranjo Jiménez Leonardo Iván**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, **“PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE SIMULACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LA HACIENDA CHARITO 1”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. _____

Ing. Mawyin Veliz Jefferson Patricio

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, Ing. Mawyin Veliz Jefferson Patricio, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de director del Proyecto de investigación titulado “**PLAN DE MANTENIMIENTO Y MEJORA DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO MEDIANTE SIMULACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE LA HACIENDA CHARITO 1.**”, de autoría del estudiante **Naranjo Jiménez Leonardo Iván**, de la carrera de Ingeniería Industrial.

CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del **5%**.

Se adjunta imagen del sistema URKUND

Original

Document Information

Analyzed document	TESIS URCON pdf (D159805189)
Submitted	3/1/2023 5:08:00 PM
Submitted by	
Submitter email	leonardo.naranjo2017@uteq.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	jrnawyin@uteq@analysis.arkund.com

f.

Ing. Mawyin Veliz Jefferson Patricio
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PROYECTO DE INVESTIGACION

Título

“Plan de mantenimiento y mejora del diseño del sistema de riego mediante simulación en la producción del cultivo de la Hacienda Charito 1”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Arq. Glenn Walter Vinueza Mendoza.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Edgar Gabriel Valencia Rodríguez

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Kelvin Diego Moposita Ortega

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por haberme guiado y sostenido durante todo el proceso de investigación y por haberme dado la fortaleza y el conocimiento necesario para completarlo con éxito.

Agradezco a mi madre y hermanos por su amor, apoyo y paciencia durante todo este proceso. Gracias por estar ahí, por creer en mí y por alentarme en los momentos de dificultad. Este logro no sería posible sin su incondicional apoyo.

Me gustaría expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor y miembros del tribunal por su valioso asesoramiento y orientación a lo largo de todo el proceso de investigación. Su experiencia y conocimiento en el campo fueron invaluable para el éxito de mi proyecto.

También quiero reconocer al gerente de la hacienda Charito 1, Ing. Ingeniero Wilson Narváez, por su colaboración y disposición en brindarme el acceso a los recursos necesarios para llevar a cabo esta investigación. Su ayuda y conocimientos fueron de gran valor para el éxito de este proyecto.

Agradezco de todo corazón a mi novia, Melani Tomalá, por su amor, paciencia y comprensión durante este tiempo. Su apoyo y motivación me ayudaron a superar los momentos difíciles y a mantenerme enfocado en mi objetivo.

Por último, quiero agradecer a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron en el desarrollo de este proyecto. Gracias por su tiempo, su disposición y su valiosa colaboración.

Leonardo Iván Naranjo Jiménez

DEDICATORIA

Este proyecto también está dedicado a mi querida madre, Carmen Jiménez, quien ha sido mi mayor apoyo y mi mayor inspiración. Gracias a su amor incondicional, su sacrificio y su dedicación, he aprendido a perseverar ante las adversidades y a luchar por lo que quiero en la vida. A ella le debo todo lo que soy y siempre estaré agradecido por su amor y su ejemplo.

Finalmente, quiero dedicar este proyecto a mis hermanos, Daniel, Enrique y Maribel Naranjo, quienes siempre han estado a mi lado y me han brindado su apoyo incondicional en todo momento. Gracias a su aliento constante y su ejemplo de trabajo duro y dedicación, he aprendido a valorar la importancia de la familia y a luchar por mis metas con ahínco y perseverancia.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
TABLA DE CONTENIDO	viii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CÓDIGO DUBLIN	xvii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problematización de la investigación	3
1.1.1. <i>Planteamiento del problema</i>	3
1.1.2. <i>Formulación del problema</i>	4
1.1.3. <i>Sistematización del problema</i>	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
1.3. Justificación	5
CAPÍTULO II	7
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	7
2.1. Marco referencial	8
2.1.1. <i>Características del cultivo</i>	8
2.1.2. <i>Casos de estudios sobre sistemas de riego por aspersión</i>	9

2.1.3.	<i>Normativas relacionadas con la irrigación de cultivos</i>	9
2.2.	Marco conceptual.....	10
2.2.1.	<i>Riego por aspersión</i>	10
2.2.2.	<i>Unidad de bombeo</i>	12
2.2.3.	<i>Aspersores</i>	13
2.2.4.	<i>Ventajas y desventajas de un sistema de riego por aspersión</i>	14
2.2.5.	<i>Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas)</i>	15
2.2.6.	<i>EPANET</i>	16
2.2.7.	<i>Plan de mantenimiento</i>	17
2.2.8.	<i>Fases del Mantenimiento Preventivo</i>	18
2.2.9.	<i>Herramientas para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo</i>	19
CAPÍTULO III.....		24
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.		24
3.1.	Localización.....	25
3.2.	Tipo de investigación.....	25
3.2.1.	<i>Investigación de campo</i>	25
3.2.2.	<i>Investigación bibliográfica</i>	26
3.2.3.	<i>Investigación descriptiva</i>	26
3.3.	Métodos de investigación	26
3.3.1.	<i>Método analítico</i>	26
3.3.2.	<i>Método deductivo</i>	26
3.4.	Diseño de la investigación	26
3.5.	Instrumentos de investigación	27
3.6.	Tratamiento de los datos	27
3.7.	Recursos humanos y materiales.....	27
3.7.1.	<i>Recursos humanos</i>	27
3.7.2.	<i>Recursos materiales</i>	27

CAPÍTULO IV.....	28
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
4.1. Descripción del sistema de riego actual.....	29
4.1.1. <i>Plano de la hacienda Charito 1</i>	29
4.1.2. <i>Representación gráfica del sistema de riego</i>	30
4.1.3. <i>Motor de riego</i>	31
4.1.4. <i>Tuberías</i>	31
4.1.5. <i>Válvulas o llaves de paso de agua</i>	32
4.1.6. <i>Aspersores</i>	34
4.1.7. <i>Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas)</i>	36
4.2. Mejora del diseño de riego	38
4.2.1. <i>Recopilación de información básica</i>	38
4.2.2. <i>Selección del tipo de aspersor</i>	39
4.2.3. <i>Sectorización del terreno de cultivo</i>	42
4.2.4. <i>Selección de tuberías para realizar la simulación</i>	42
4.2.5. <i>Implementación de diseño de riego</i>	43
4.2.6. <i>Simulación del sistema de riego con el programa EPANET</i>	43
4.3. Plan de mantenimiento preventivo para la estación de riego.....	55
4.3.1. <i>Descripción de la empresa</i>	55
4.3.2. <i>Propuesta</i>	55
4.3.3. <i>Ficha técnica</i>	55
4.3.4. <i>Hoja de vida</i>	57
4.3.5. <i>Análisis modal de falla y efecto (AMFE)</i>	59
4.3.6. <i>Relación de requerimientos</i>	60
4.3.7. <i>Tableros de control</i>	62
4.3.8. <i>Proceso de funcionamiento del motor de riego</i>	63
4.3.9. <i>Aspersores y válvulas de riego</i>	66

4.4.	Discusión	66
4.4.1.	<i>Discusión con respecto a la descripción del sistema de riego de la hacienda.</i>	66
4.4.2.	<i>Discusión con respecto a la mejora del sistema de riego</i>	67
4.4.3.	<i>Discusión con respecto al plan de mantenimiento preventivo realizado al motor de riego que se utiliza</i>	67
CAPITULO V		69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		69
5.1.	Conclusiones.....	70
5.2.	Recomendaciones	71
CAPITULO VI.....		72
BIBLIOGRAFÍA		72
6.1.	Bibliografía.....	73
CAPITULO VII		75
ANEXOS		75

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficiente de rugosidad de tuberías según su material	11
Tabla 2. Formato matriz FODA	15
Tabla 3. Ventajas del mantenimiento preventivo	19
Tabla 4. Clasificación de la gravedad del modo fallo	21
Tabla 5. Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo.....	22
Tabla 6. Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo	23
Tabla 7. Características de válvulas	32
Tabla 8. Parámetros preliminares para diseño de riego.....	38
Tabla 9. Requerimientos de caudales	42
Tabla 10. Resumen necesidades del sistema	43
Tabla 11. Numero de aspersores por válvulas de riego.....	45
Tabla 12. Ficha técnica del motor de riego	56
Tabla 13. Hoja de vida del motor de riego	58
Tabla 14. Método AMFE.....	59
Tabla 15. Actividades de lubricación	61
Tabla 16. Actividades mecánicas	61
Tabla 17. Actividades de instrumentación	62
Tabla 18. Tablero de control.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1: Partes de la planta de banano	8
Figura 2: Partes de un aspersor.....	13
Figura 3: Ubicación geográfica de la hacienda “Charito 1”	25
Figura 4: Plano de la hacienda.....	29
Figura 5: Válvula de sector de riego.....	30
Figura 6: Motor de riego.....	31
Figura 7: Válvula PVC	33
Figura 8: Válvula compuerta MASA.....	34
Figura 9: Aspersor VYR-26	35
Figura 10: Aspersor Circulo Parcial	35
Figura 11: Aspersor del sistema de riego	40
Figura 12: Red de tuberías del sistema de riego parte 1	44
Figura 13: Red de tuberías del sistema de riego parte 2	45
Figura 14: Esquema de la red de tuberías.....	46
Figura 15: Configuración de propiedades en EPANET	47
Figura 16: Configuración de los datos de aspersores	47
Figura 17: Configuración de tuberías	48
Figura 18: Configuración de la bomba	49
Figura 19: Inicio de la simulación	49
Figura 20: Presión de aspersores	50
Figura 21: Demanda de caudal de aspersores.....	51
Figura 22: Tuberías de 25mm.....	52
Figura 23: Tuberías de 90 mm.....	53
Figura 24: Tuberías de 160 mm.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Proceso de recolección de información	76
Anexo 2: Presión de las válvulas abiertas combinadas resultantes de la simulación del programa.....	77

RESUMEN

En el siguiente proyecto se mejoró el diseño del sistema de riego por aspersión que se encuentra establecido en el cultivo del banano de la hacienda Charito 1, mismo que tiene como objetivo aumentar la producción y la calidad de la fruta para su posterior exportación. Al no contar un espaciamiento adecuado entre aspersores en las distintas válvulas establecidas en el sistema de riego a lo largo de la hacienda, se ha generado problemas de sequedad en el cultivo en épocas de verano, ya que dicho espaciamiento no realiza un riego de manera uniforme, para esto fue de suma importancia indagar sobre el sistema de riego actual. Se utilizó la siguiente metodología: Los tipos de investigación que se aplicaron fueron de campo, bibliográfica y descriptiva junto con métodos analíticos y deductivos usados para el procesamiento de datos y recopilación de información. Los instrumentos que se utilizaron fueron la observación directa en el campo y la entrevista. Como conclusión principal se determinó que existe un total de 36 válvulas de riego con un tiempo de riego de 50 minutos por válvula teniendo un tiempo total del proceso de riego de 900 minutos, esto debido a que se trabaja con 2 válvulas abiertas al mismo tiempo, al realizar el nuevo diseño con una distancia entre aspersores de 12m que proporciona una mayor uniformidad se optimizó en un 25.6% el tiempo de trabajo de cada válvula, aprovechando al máximo los recursos y materiales existentes como tuberías y aspersores en buen estado logrando minimizar los costos de inversión de este nuevo diseño.

Palabras clave:

Sistema de riego, Proceso, Optimización, Uniformidad, Mejora.

ABSTRACT

In the following project, the design of the sprinkler irrigation system that is established in the banana cultivation of the Charito 1 farm was improved, which aims to increase the production and quality of the fruit for its subsequent export. By not having an adequate spacing of sprinklers in the different valves established in the irrigation system throughout the farm, dryness problems have been generated in the crop in summer times, since said spacing does not carry out irrigation uniformly. For this, it was extremely important to inquire about the current irrigation system.

The following methodology was used: The types of research that were applied were field, bibliographic and descriptive along with analytical and deductive methods used for data processing and information gathering. The instruments used were direct observation in the field and the interview. As a main conclusion, it was determined that there is a total of 36 irrigation valves with an irrigation time of 50 minutes per valve, having a total irrigation process time of 900 minutes, this is due to the fact that 2 valves are open at the same time. When carrying out the new design with a distance between sprinklers of 12m that provides greater uniformity, the working time of each valve was optimized by 25.6%, making the most of existing resources and materials such as pipes and sprinklers in good condition, minimizing costs. investment of this new design.

Keywords:

Irrigation system, Process, Optimization, Uniformity, Improvement.

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Plan de mantenimiento y mejora del diseño del sistema de riego mediante simulación para mejorar la producción del cultivo de la hacienda Charito 1.				
Autor:	Leonardo Iván Naranjo Jiménez				
Palabras claves:	Sistema de riego	Proceso	Optimización	Uniformidad	Mejora
Fecha de publicación:	2023				
Editorial:	Quevedo – UTEQ - 2023				
Resumen:	<p>Resumen. - En el siguiente proyecto se mejoró el diseño del sistema de riego por aspersión que se encuentra establecido en el cultivo del banano de la hacienda Charito 1, mismo que tiene como objetivo aumentar la producción y la calidad de la fruta para su posterior exportación. Al no contar un espaciamiento adecuado entre aspersores en las distintas válvulas establecidas en el sistema de riego a lo largo de la hacienda, se ha generado problemas de sequedad en el cultivo en épocas de verano, ya que dicho espaciamiento no realiza un riego de manera uniforme, para esto fue de suma importancia indagar sobre el sistema de riego actual. Se utilizó la siguiente metodología: Los tipos de investigación que se aplicaron fueron de campo, bibliográfica y descriptiva junto con métodos analíticos y deductivos usados para el procesamiento de datos y recopilación de información. Los instrumentos que se utilizaron fueron la observación directa en el campo y la entrevista. (...)</p>				
Abstract:	<p>Abstract. - In the following project, the design of the sprinkler irrigation system that is established in the banana cultivation of the Charito 1 farm was improved, which aims to increase the production and quality of the fruit for its subsequent export. By not having an adequate spacing between sprinklers in the different valves established in the irrigation system throughout the farm, it has generated problems of dryness in the crop in summer times, since said spacing does not carry out irrigation uniformly. For this, it was extremely important to inquire about the current irrigation system. The following methodology was used: The types of research that were applied were field, bibliographic and descriptive along with analytical and deductive methods used for data processing and information gathering. The instruments used were direct observation in the field and the interview.</p>				
Descripción	101 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD				
URI:					

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la agricultura es una de las principales actividades económicas del país, y el cultivo de productos como bananos, flores y cacao se encuentra entre los más importantes. Sin embargo, la disponibilidad de agua es un factor crítico que limita la producción agrícola en muchas regiones del país. Los sistemas de riego se han utilizado ampliamente en Ecuador para proporcionar agua a los cultivos, pero existen sistemas que tienen una eficiencia de riego relativamente baja y puede generar un consumo excesivo de agua, lo que aumenta los costos de producción y contribuye a la escasez de agua.

Por este motivo, el uso de los sistemas de riego por aspersión se consideran una buena opción ya que logran un nivel óptimo de eficiencia para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo debido a la ubicación y extensión de los aspersores elegidos por el diseñador ya que aplican agua, simulando la lluvia. En el campo, el agua se distribuye a través de una red de tuberías, que eventualmente fluye uniformemente a lo largo de los segmentos laterales con aspersores.

En este contexto, la simulación se presenta como una herramienta útil para mejorar la eficiencia del riego por aspersión y reducir el consumo de agua. La simulación permite modelar el comportamiento del sistema de riego en diferentes escenarios, lo que permite identificar oportunidades de mejora y optimizar el uso del agua.

En el presente trabajo se realizará un rediseño del sistema de riego por aspersión en la hacienda “Charito 1” ubicada en la parroquia San Juan, utilizando un software para simular la mejora del sistema. El diseño del sistema de riego por aspersión implementado en la hacienda depende de una serie de factores que son de gran importancia, como; el caudal disponible de agua, la superficie a regar, la capacidad del equipo, frecuencia de riego, etc.

Para la nueva instalación de este sistema el propietario debe de realizar una inversión que con el tiempo será recuperada ya que le permite tener un crecimiento en la parte económica debido a que aumentará la calidad de la cosecha teniendo así una mayor producción de banano. El sistema de riego es de gran importancia en todo cultivo ya que el agua es la fuente principal de toda plantación y es la que permite que se realcen los diferentes procesos para que haya una producción al final del ciclo de crecimiento.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematización de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En Ecuador, los sistemas de riego por aspersión son muy comunes en la agricultura, especialmente en cultivos como banano, café, cacao, maíz, entre otros. Estos sistemas utilizan agua presurizada para pulverizarla en el aire y crear una lluvia artificial sobre los cultivos, lo que permite un riego uniforme en toda la superficie.

En el cultivo del banano en la mayoría de los sistemas de riego de la provincia de Los Ríos, la programación se realiza de forma empírica, es decir, no se siguen normas científicas y técnicas para definir el momento y volumen de riego. Uno de los esquemas más utilizados es fijar una lámina de agua todos los días durante la estación seca.

En las zonas de San Juan, provincia de Los Ríos, Ecuador, el cultivo de banano requiere de un suministro adecuado de agua para obtener rendimientos altos y estables. En la Hacienda Charito 1, se han identificado problemas en el sistema de riego por aspersión utilizado para el riego del cultivo, lo que ha ocasionado sequedad en algunas áreas. Se requiere una evaluación del sistema de riego para identificar las causas del problema y determinar las soluciones adecuadas para garantizar una distribución uniforme del agua en todo el campo de cultivo.

1.1.1.1. Diagnóstico.

Este sistema de riego tiene un diseño en el cual se encuentran áreas o zonas que no se abastecen del recurso hídrico, por lo que constantemente se realizan extensiones para cubrir esas áreas, esto hace que haya menos presión, limitando el alcance de riego de los aspersores. La causa de los problemas que se presentan son los distanciamientos entre aspersores, exceso de aspersores por válvula y el diámetro de ciertas tuberías.

La selección de la separación entre los aspersores en un sistema de riego por aspersión es crucial para garantizar una distribución uniforme del agua en el campo. Si la separación entre los aspersores no coincide con las características del aspersor utilizado, puede haber una distribución desigual del agua.

1.1.1.2. Pronóstico.

Si no se resuelve el problema de poca uniformidad del riego a causa del distanciamiento de aspersores, mala distribución de aspersores por válvulas y pérdidas de presión por utilizar el diámetro incorrecto en ciertas tuberías es probable que el cultivo sufra varios impactos negativos en su desarrollo y rendimiento. Algunos de los posibles pronósticos son:

- **Estrés hídrico en algunas zonas del campo:** Si la distribución del agua no es uniforme, es probable que algunas áreas del campo reciban mas agua de la necesaria, lo que puede causar estrés hídrico en las plantas y afectar su crecimiento y producción.
- **Pérdida de rendimiento:** Si algunas áreas del campo reciben menos agua que otras, es probable que se produzcan diferencias en el crecimiento y rendimiento de las plantas, lo que puede resultar en una pérdida de rendimiento del cultivo en general.
- **Desperdicio de agua:** Si la distribución del agua no es uniforme, es posible que se desperdicie agua en algunas áreas del campo, lo que puede aumentar los costos del riego y reducir la eficiencia del sistema.

1.1.2. Formulación del problema

¿El rediseño del sistema de riego por aspersión para la plantación del banano permitirá aumentar la producción y la calidad del cultivo?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Como describir el sistema de riego actual que posee la hacienda?

¿De qué manera se puede desarrollar una mejora en el sistema de riego por aspersión?

¿Cuál es la forma para mantener un sistema de riego sin fallas y descomposturas?

1.2. Objetivos

1.2.1. *Objetivo general*

Mejorar el diseño del sistema de riego agrícola por aspersión con el fin de mejorar la producción de cultivo de banano Cavendish de la hacienda Charito 1.

1.2.2. *Objetivos específicos*

- Realizar la descripción del sistema de riego actual de la Hacienda Charito 1, mediante la inspección visual de distintas áreas para aplicar la propuesta de mejora del rediseño.
- Rediseñar la red de sistema de riego utilizando un programa de simulación para realizar la distribución del recurso hídrico de una manera uniforme.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para disminuir el IPR (índice de prioridad de riesgo) del motor de riego encontrado con el método AMFE.

1.3. Justificación.

La agricultura es uno de los principales motores económicos en muchos países, incluido Ecuador. Sin embargo, para que esta actividad productiva sea sostenible, es necesario contar con sistemas de riego eficientes y adecuados a las necesidades de los cultivos. En este sentido, el sistema de riego por aspersión es uno de los más utilizados en la región, pero su eficiencia en términos de uso del agua y de rendimiento agrícola aún es limitado.

Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación es proponer un conjunto de mejoras al sistema de riego por aspersión en la hacienda Charito 1, que aumentará la eficiencia en el uso del agua y mejorará el rendimiento de los cultivos. Para lograr este objetivo, se realizará un análisis detallado de las características y problemas del sistema de riego actual, así como de las prácticas más avanzadas en el ámbito del riego agrícola.

El proyecto de rediseño del sistema de riego en la hacienda Charito 1 surge como una necesidad urgente debido a los niveles críticos de sequedad que están afectando el cultivo de la hacienda. Este suceso se debe a diversos factores, como la mala distribución de aspersores y fallas en la distribución del agua, lo que ha resultado en una ineficiente y deficiente irrigación de los cultivos.

Con el desarrollo de este proyecto se espera lograr una mayor productividad y rentabilidad en la hacienda, aumentando la producción y los niveles de calidad de la fruta. Además, se contribuirá a una gestión más sostenible y responsable de los recursos hídricos, disminuyendo las pérdidas de agua y mejorando su uso eficiente en la finca.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco referencial.

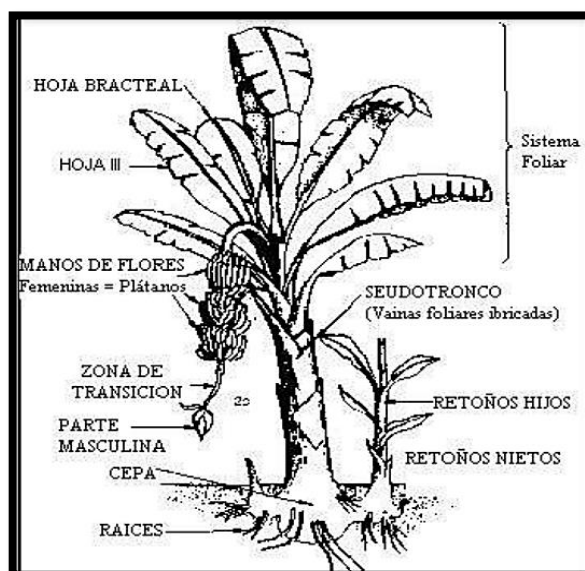
2.1.1. Características del cultivo

El cultivo del banano es considerado uno de los más relevantes e intrigantes. Es una planta herbácea monocotiledónea originaria del sudeste de Asia y se cree que todos los tipos de bananos actuales son resultado de híbridos naturales seleccionados por los primeros agricultores de la región. Según la teoría de Norman Simmonds, el banano fue uno de los primeros cultivos que el ser humano domesticó en el sudeste de Asia, tal como se describe en su obra acerca de los orígenes de la agricultura en esa región. (Carlos , Carlos , Victor, & Vima).

2.1.1.1. Partes de la planta del banano.

En la figura presentada a continuación, se muestran las diferentes partes de la planta de banano, desde las raíces hasta las hojas y frutos. Esta figura es de gran importancia para los agricultores y productores de banano, ya que les permite conocer de manera detallada la estructura de la planta y cómo cada una de sus partes contribuye al crecimiento y producción del fruto.

Figura 1
Partes de la planta de banano



FUENTE: PÁGINA WEB

2.1.2. Casos de estudios sobre sistemas de riego por aspersión

La eficiencia de riego en sistemas de aspersión es un tema clave para el diseño y operación de sistemas de riego por aspersión en la agricultura. En la literatura científica se han realizado diversos estudios para evaluar la eficiencia de riego en sistemas de aspersión y determinar los factores que influyen en ella.

La Uniformidad de distribución del agua (UD) es un indicador clave de la eficiencia del riego por aspersión. Según la literatura, la UD en sistemas de aspersión puede verse afectado por diversos factores, como la presión del agua, la altura y tipo de aspersores, la velocidad y dirección del viento, la topografía del terreno, entre otros.

Según el estudio realizado por Hernández et al. (2017) en un huerto de aguacate, se encontró que la UD de un sistema de aspersión variaba entre 70% y 85%, lo que indica que había áreas del huerto que no recibieron suficiente agua, mientras que otras áreas recibieron más agua de lo necesario. En este estudio se identificó la altura de los aspersores como uno de los principales factores que fallan la UD del sistema de riego por aspersión.

Otro estudio realizado por Pérez et al. (2019) en cultivos de papa, encontró que la eficiencia de riego en sistemas de aspersión puede mejorarse mediante la implementación de prácticas como la programación adecuada de la duración y frecuencia del riego, la optimización de la presión del agua y la selección de aspersores con mayor uniformidad de distribución del agua.

2.1.3. Normativas relacionadas con la irrigación de cultivos

En Ecuador, existen varias leyes y reglamentaciones que se aplican a la gestión de los recursos hídricos y el uso del agua para fines agrícolas. La Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho humano al agua y establece que el Estado debe garantizar su acceso y uso equitativo y sustentable.

La Ley de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua es una de las normativas más importantes en Ecuador relacionadas con el uso y aprovechamiento del agua. Esta ley establece los principios y normas para la gestión de los recursos hídricos y establece los derechos y obligaciones de los usuarios del agua, incluidos los agricultores y productores de cultivos. La ley también establece las bases para la elaboración de planes de cuenca, programas de aprovechamiento del agua y la regulación de los permisos de uso del agua.

Otra normativa relevante es el Reglamento de Uso y Aprovechamiento del Agua para Riego, que establece los requisitos para la instalación y operación de sistemas de riego, incluyendo los sistemas de riego por aspersión. Este reglamento es importante para garantizar que los sistemas de riego cumplan con los requisitos técnicos y ambientales establecidos por las autoridades.

Además, existen normativas y reglamentaciones específicas para la irrigación de cultivos, como la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2466:2013, que establece los requisitos para la calidad del agua utilizada en el riego agrícola. Esta normativa es esencial para garantizar que el agua utilizada en la irrigación de cultivos no contenga niveles peligrosos de contaminantes.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Riego por aspersión

Los sistemas de irrigación están compuestos por tuberías principales que permiten la conducción del agua desde la bomba hasta los tubos auxiliares, y posteriormente a sus ramas de distribución. En su mayoría, estas redes principales son fijas y se instalan en la superficie del suelo, aunque a veces se entierran bajo tierra. En algunos casos, estas tuberías móviles son y pueden ser trasladadas de una parcela a otra. Las tuberías pueden estar hechas de acero galvanizado, fibrocemento o plástico de alta densidad. (López A.).

2.2.1.1. Componentes del sistema de riego.

Todos los sistemas de riego tienen los componentes básicos que se muestran a continuación:

- **Bomba:** accionada por un motor eléctrico o motor de combustión interna. El motor cumple la función de bombear agua desde la fuente (balsa, río o pozo) para alimentar el sistema de riego y proporciona la presión suficiente para el propio sistema y sus aspersores (Tarjuelo, 1991).
- **Tuberías:** Los sistemas de riego cuentan con tuberías principales que permiten el paso del agua desde la bomba hasta distribuirla a las tuberías auxiliares y luego a sus ramales de distribución. La mayoría de las redes principales son fijas, instaladas sobre el suelo o, a menudo, enterradas bajo tierra. Por otro lado, en diferentes casos, es móvil, con la posible función de ser trasladado de una parcela a otra. El material de estas tuberías puede ser acero galvanizado, fibrocemento o plástico de alta densidad (Tarjuelo, 1991).
- **Coefficiente de rigurosidad de tuberías:** En la siguiente tabla se muestran los valores del Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales utilizados en la construcción de tuberías de distribución de agua. Estos materiales incluyen el hierro fundido, el acero, el PVC y el polietileno, entre otros. La información presentada en esta tabla es de gran importancia para el diseño de sistemas de distribución de agua, ya que les permite seleccionar el material de tubería más adecuado para su proyecto, en función de las características del terreno, el caudal de agua y las necesidades de los usuarios.

Tabla 1

Coeficiente de rigurosidad de tuberías según su material

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130

Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

FUENTE: (Breña & Valdés, 2019)

- **Aspersores:** Los aspersores son dispositivos que rocían agua sobre el terreno y los cultivos que necesitan ser regados. El agua se dispersa en forma de pequeñas gotas para simular la lluvia. Estos aspersores son un componente fundamental en el diseño de los sistemas de riego y su calidad. Existen diferentes tipos de aspersores, hechos con distintos materiales y con rangos operativos variables.

2.2.2. Unidad de bombeo

Una unidad de bombeo para un sistema de riego por aspersión es una instalación con un dispositivo de elevación mecánico cuyo propósito es extraer agua de una fuente seleccionada y empujarla hacia la red de tuberías.

2.2.2.1. Componente de la unidad de bombeo.

- Cámaras de aspiración.
- Motobomba.
- Canastillo y válvulas de succión.
- Accesorios y fitting de descarga.
- Tubería de succión (Gurovich, 1985).

2.2.2.2. Motobomba.

Un dispositivo que consta de un motor eléctrico y una bomba se le denomina motobomba. La energía mecánica del motor genera la activación de la bomba, que se encarga de aspirar agua a la tubería a una determinada presión y caudal. Esto es gracias a la fuerza centrífuga generada por la potencia del motor y el diseño del impulsor. La motobomba es parte principal del equipo de bombeo y se debe seleccionar correctamente antes de continuar con la instalación. Las motobombas se seleccionan en base al caudal de agua requerido, la altura geométrica total y la presión requerida para la descarga (aspersores) (Gurovich, 1985).

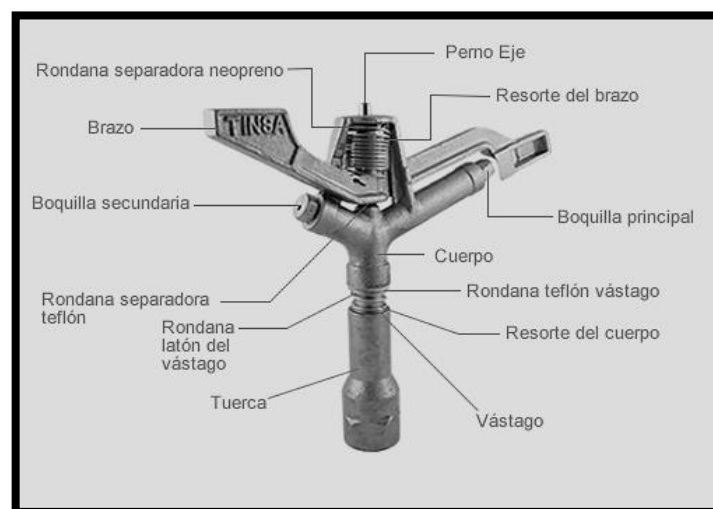
2.2.2.3. Red de Distribución.

Se denomina red de distribución de agua al conjunto de tuberías que forman la red principal y las secundarias o ramales. La red principal es la tubería que conduce el agua a presión desde la unidad de bombeo hasta los ramales laterales, que a su vez conducen desde la red principal hasta los aspersores montados en ella (Martinez, 2004).

2.2.3. Aspersores

El aspersor es uno de los elementos más importantes en un sistema de riego por aspersión. Son dispositivos que rocían chorros de agua a través de boquillas en gotas de varios tamaños. Debido a la rotación del cuerpo del aspersor, el agua se distribuye uniformemente en el suelo, lo que es una reacción al impulso del chorro en el brazo del martillo, volviendo a su posición original por la acción del resorte de tensión. En la actualidad hay varios tipos de aspersores disponibles comercialmente, que varían en tamaño y presión de operación y, por lo tanto, en la intensidad de la precipitación, el radio de alcance del chorro y la distribución de la lluvia (Martinez, 2004).

Figura 2
Partes de un aspersor



FUENTE: PÁGINA WEB

2.2.4. Ventajas y desventajas de un sistema de riego por aspersión

El sistema de riego por aspersión presenta principalmente, las siguientes ventajas:

- a) Permite riego de suelos que por sus limitaciones topográficas no pueden ser regados gravitacionalmente, como pendientes superiores a 8%.
- b) No requiere de nivelación de suelos.
- c) Posibilita el riego de suelos muy delgados, que no son posibles de nivelar.
- d) Se aprovechan con mayor eficiencia los pequeños caudales de agua, debido a que un sistema de aspersores bien diseñado distribuye mejor el agua que otros métodos.
- e) La eficiencia de aplicación es del orden de un 70% a 80%, comparada con eficiencias que fluctúan entre 30 a 50% en sistemas de riego gravitacional, lo cual es importante por la economía de agua que esto implica.
- f) Permite una distribución uniforme y controlada de los caudales aplicados.
- g) Mediante la adecuada selección de la intensidad de precipitación del aspersor, es posible regar suelos con velocidades de infiltración muy altas.
- h) Permite aplicar en forma eficiente, uniforme y oportuna fertilizantes solubles, herbicidas y fungicidas, conjuntamente con el agua de riego (Ortega, 1993).

Asimismo, es importante también identificar las principales desventajas del sistema de riego por aspersión, que son las siguientes:

- a) Alto costo de inversión inicial en materiales y equipos, el cual se estima entre 800 y 2.000 dólares por hectárea, dependiendo de las condiciones y el sistema empleado.
- b) Altos requerimientos de energía para su operación, debido principalmente a las alturas de elevación y a las altas presiones requeridas por los aspersores para su funcionamiento. Los costos por este concepto son mayores cuando se trata de motores a combustión, en comparación con motores eléctricos.
- c) La distribución y eficiencia de aplicación del agua, es afectada considerablemente por el viento. En general, velocidades de viento superiores a 2,5 m/s hacen no recomendable el riego por aspersión y velocidades entre 1 y 2,5 m/s lo hacen poco recomendable, u obligan a considerar algunas precauciones.
- d) Requiere de un alto nivel de tecnificación en el diseño, instalación y operación del sistema, para lo cual debe considerarse la participación de un profesional competente en la materia.

- e) Dependencia de equipos mecánicos, que están afectados a múltiples fallas, producto del uso forzado e intensivo a que están sometidos durante cortos períodos de tiempo.
- f) Si la forma del terreno es muy irregular, crea complicaciones en el diseño y operación del sistema.
- g) Las líneas principales y laterales no enterradas pueden dificultar el cultivo y otras operaciones agrícolas.
- h) No es recomendable el uso de aguas con elevada concentración de sales. Estas pueden ser absorbidas por las hojas y crear problemas de toxicidad (Ortega, 1993).

2.2.5. Análisis FODA (*fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas*)

Según Stanton (1999), la matriz FODA es una herramienta de análisis que permite trabajar con toda la información disponible sobre un proyecto o negocio para examinar sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Esta herramienta analítica es útil para evaluar la situación general de un proyecto o negocio.

El análisis FODA consta de dos partes: una interna y otra externa. La parte interna tiene que ver con las fortalezas y debilidades del negocio, aspectos sobre los cuales se tiene algún grado de control. La parte externa, mira las oportunidades que el mercado ofrece y las amenazas que debe enfrentar el negocio en el mercado seleccionado. Aquí se tiene que desarrollar toda la capacidad y habilidad, para aprovechar esas oportunidades y para minimizar o anular esas amenazas, circunstancias sobre las cuales se tiene poco o ningún control directo (Stanton, Etzel, & Walker, 2007).

Tabla 2

Formato matriz FODA

OPORTUNIDADES (Puntos fuertes)	FORTALEZAS (Puntos fuertes)
EXTERNAS	INTERNAS
AMENAZAS (Puntos débiles)	DEBILIDADES (Puntos débiles)
EXTERNAS	INTERNAS

FUENTE: (Stanton, Etzel, & Walker, 2007).

2.2.6. EPANET

EPANET es un programa de cálculo destinado a analizar el comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución de agua a presión. Ha sido desarrollado por el Laboratorio Nacional de Investigación para la Prevención de Riesgos (NRMRL) de la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de EEUU (USEPA). Como tal, es un software de dominio público que puede copiarse y distribuirse libremente (Unidos, 1970).

2.2.6.1. Versión española de EPANET 2.0.

Identificada mediante el sufijo Esp, la versión española de EPANET 2.0 ha sido traducida por el Prof. Fernando Martínez Alzamora, responsable del grupo Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión (REDHISP) del Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA) de la Universidad Politécnica de Valencia (España). La traducción de la versión 2.0 y todas sus actualizaciones ha sido financiado por Global Onmium - Aguas de Valencia, S.A., y al igual que la versión inglesa, se ofrece como un producto de dominio público. Por consiguiente, puede copiarse y distribuirse libremente. Sin embargo, a diferencia de la versión inglesa, el código fuente de la versión española no es de libre difusión (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, s.f.).

La última versión 2.00.12 ha supuesto algunos cambios relevantes respecto a la 2.00.10. En particular todos los identificativos pueden tener ahora hasta 31 caracteres (lo que puede provocar incompatibilidades con las versiones anteriores), y todas las especificaciones personales se almacenan ahora en el sistema de archivos del usuario, lo que permite utilizar en red con el sistema operativo protegido. Además, se han introducido ciertas mejoras y nuevos parámetros para controlar el proceso de convergencia, en la resolución de las ecuaciones hidráulicas (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, s.f.).

Además de ello, la versión española de EPANET 2.0 incorpora algunas mejoras sobre la correspondiente versión inglesa, entre las que destacan:

- Todas las unidades se han adaptado por defecto al Sistema Internacional (SI). Ello afecta a las unidades de caudal (LPS), fórmula de pérdidas (D-W), valores por defecto, rangos de leyendas, ejemplo del tutorial e incluso al fichero Red1_SI.net.

- Todos los valores numéricos pueden introducirse y visualizarse utilizando la coma como separador decimal. En realidad, el separador decimal es tomado automáticamente de la Configuración Internacional de Windows.
- Cuando se realiza un análisis por primera vez con EPANET 2.00.12 en español, se asumen la presión en los nudos y el caudal en las líneas como magnitudes a visualizar por defecto.
- Todos los Ficheros de Ayuda (Interfaz gráfica, Tutorial y Caja de Herramientas) han sido reescritos en el nuevo formato .CHM, estando ahora todos ellos accesibles desde la interfaz gráfica
- El Módulo de Herramientas de la versión española de EPANET 2.00.12 incorpora el código fuente completo de tres aplicaciones, basadas en los ejemplos ofrecidos en el fichero de Ayuda del mismo, y escritas en los lenguajes C++ Builder 5.5, Visual C++ 6.0, Delhi 7.0 y Visual Basic 6.0. Además, se ofrecen instrucciones concretas al usuario para construir dichas aplicaciones desde cero, en los entornos de programación referidos (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, s.f.).

2.2.7. Plan de mantenimiento

2.2.7.1. ¿Qué es el mantenimiento?

El mantenimiento suele definirse como un conjunto de técnicas que tienen como objetivo preservar los equipos e instalaciones para que permanezcan en funcionamiento el mayor tiempo posible, logrando la mayor disponibilidad y rendimiento.

A lo largo proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas, En los inicios de la evolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos, Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos (Garrido, 2003).

2.2.7.2. Tipos de mantenimiento.

El mantenimiento se ha dividido tradicionalmente en 5 tipos, que se diferencian por la naturaleza de la tarea, entre ellos:

- **Mantenimiento Correctivo:** Serie de tareas encaminadas a corregir defectos que se presentan en diferentes equipos que se comunican al departamento de mantenimiento por sus operarios.
- **Mantenimiento preventivo:** La tarea de este mantenimiento es mantener un cierto nivel de servicio en la instalación, programando correcciones de sus puntos débiles actuales en el momento más oportuno.
- **Mantenimiento Predictivo:** Es un tipo de mantenimiento que busca conocer e informar permanentemente el estado y funcionamiento de una instalación mediante el conocimiento del valor de ciertas variables representa este estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas cuyos cambios indiquen posibles problemas en el equipo (Garrido, 2003).
- **Mantenimiento cero horas:** Es un conjunto de tareas cuyo propósito es inspeccionar los equipos a intervalos predeterminados antes de que ocurra alguna falla o cuando la confiabilidad del equipo haya disminuido significativamente, por lo que es arriesgado predecir su capacidad de producción. Dichas inspecciones incluyen hojas el dispositivo en tiempo de ejecución cero, es decir, como si el dispositivo fuera nuevo. En estas modificaciones se sustituyen o reparan todos los elementos sujetos a desgaste. Su objetivo es garantizar que sea posible, el tiempo de funcionamiento se establece de antemano (Garrido, 2003).

2.2.8. Fases del Mantenimiento Preventivo.

- Listados técnicos, incluyendo manuales, planos y características de cada equipo.
- procedimientos técnicos, listas de tareas realizadas regularmente.
- Control de frecuencia, indicando exactamente los días en los que se realizará el trabajo.
- Ayuda con las reparaciones planificadas, las piezas de repuesto y los registros de costos (Sacristan, 2001).

2.2.8.1. *Ventajas de mantenimiento preventivo.*

Tabla 3.

Ventajas del mantenimiento preventivo

Seguridad	Los proyectos e instalaciones en mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad.
Vida útil	La vida útil de una instalación es mucho más larga que la de una instalación con un sistema de mantenimiento correctivo.
Costos de reparación	Si se utiliza el mantenimiento preventivo, se pueden reducir los costos de reparación.
Inventario	También puede utilizar un sistema de mantenimiento preventivo para reducir los costos de inventario.
Carga de trabajo	La carga de trabajo del personal de mantenimiento preventivo es más pareja que la de un sistema de mantenimiento correctivo.
Aplicabilidad	Cuanto más compleja sea la instalación y mayores sean los requisitos de confiabilidad, mayor será la necesidad de mantenimiento preventivo.

FUENTE: (Sacristan, 2001).

2.2.9. *Herramientas para el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo*

2.2.9.1. *Ficha técnica.*

La ficha técnica permite recopilar datos, recopilar ideas y poner todo junto en un archivo, estos archivos vienen en muchos tipos diferentes y se definen por el tipo de información que contienen. En la ficha se deben resaltar las características más importantes de un objeto en específico a fin de tener un mayor conocimiento de éste y facilitar su ubicación ante la presencia de fallas o acciones de mantenimiento (rodríguez).

2.2.9.2. Hoja de vida.

Este documento registra los trabajos en materia de mantenimiento y movimientos realizados en el equipo. La idea es registrar el mantenimiento realizado para poder programar el siguiente según lo dicta el plan de mantenimiento y el programa de lubricación. Además de contener información del equipo, como el nombre del dispositivo, marca, modelo, etc., básicamente incluye una descripción de la actividad realizada, fechas de inicio y finalización, un cronómetro del tiempo de la actividad y la persona a cargo (Carvajalino Cabrales, 2016).

2.2.9.3. Análisis modal de falla y efecto (AMFE).

El AMFE tiene como objetivo sistematizar el estudio del proceso/producto, identificar posibles puntos de falla y desarrollar un plan de acción para enfrentar el riesgo. Como se verá, este procedimiento es comparable a otros métodos simplificados utilizados en la prevención de riesgos. Los criterios de clasificación que utiliza este método son también propios de la seguridad en el trabajo, como la probabilidad de que se produzca un mal funcionamiento o un accidente y la gravedad o gravedad de sus consecuencias (Bestratén Belloví & Orriols Ramos, 2004).

2.2.9.3.1. Descripción del método

2.2.9.3.1.1. Fallo o Modo de fallo.

El término "modo de falla potencial" se refiere a la manera en que una pieza o conjunto no puede cumplir con los objetivos del diseño o proceso, los requisitos de rendimiento o las expectativas del cliente. Es decir, se trata de una posible falla que puede ocurrir en el futuro.

2.2.9.3.1.2. Efecto/s del fallo.

Por lo general, es un síntoma del modo de falla detectado por el cliente/usuario, es decir, si ocurre una falla potencial que es percibida por el cliente pero que también afecta al sistema. Esto es para describir las consecuencias de fallas no deseadas que pueden observarse o detectarse y siempre deben establecerse en términos de rendimiento o eficacia del producto/proceso (Bestratén Belloví & Orriols Ramos, 2004).

2.2.9.3.1.3. Causas del modo de fallo.

La causa o posible causa de un modo de falla es su origen y constituye un indicio de una debilidad en el diseño, cuya consecuencia es el propio modo de falla.

Es necesario enumerar lo más ampliamente posible todas las posibles causas de falla que se pueden asignar a cada modo de falla.

2.2.9.3.1.4. Índice de Prioridad de Riesgo (IPR).

El índice utilizado para priorizar la urgencia de la intervención y el orden de las acciones correctivas se calcula como el resultado de multiplicar la frecuencia, la gravedad y la detectabilidad. Este índice se expresa en un código numérico sin unidades y se aplica a todas las posibles causas de fallo, por lo que se deben realizar los cálculos correspondientes para cada una de ellas.

$$IPR = D.G.F$$

Es muy importante partir de un buen lugar identificando cuáles son los puntos clave del producto/proceso a analizar.

2.2.9.3.1.4.1. Gravedad.

Este proceso consiste en determinar la importancia o gravedad del impacto del modo de falla potencial en el cliente (que no obstante es el usuario final), evaluando la magnitud de sus consecuencias. El valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación esperada del rendimiento y los costos asociados a la reparación del problema.

Tabla 4.

Clasificación de la gravedad del modo fallo

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3

Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10	9-10

FUENTE: NTP 679: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS. AMFE

2.2.9.3.1.4.2. Frecuencia.

Es la probabilidad de que ocurra una causa potencial de falla (una causa específica) y provoque el modo de falla. Esta es una evaluación subjetiva, por lo que se recomiendan datos históricos o estadísticos si están disponibles.

Tabla 5

Clasificación de la frecuencia de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

FUENTE: NTP 679: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS. AMFE

2.2.9.3.1.4.3. Detectabilidad.

Como se ha dicho anteriormente, el índice expresa la probabilidad de que la supuesta causa y/o modo de fallo sea detectado con la suficiente antelación para evitar daños por los "controles de corriente" que existen al efecto. Es decir, la capacidad de detectar fallas antes de que lleguen al cliente final.

Tabla 6

Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

FUENTE: NTP 679: ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS. AMFE

CAPÍTULO III
MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Localización

Este proyecto de investigación se lo realizo en la provincia de los Ríos, cantón Pueblo Viejo, parroquia San Juan, sector Nuevo San Juan en las tierras de la hacienda Charito 1, cuenta con 31.3 hectáreas, se localiza geográficamente en un punto con las siguientes coordenadas Latitud 1°38'15.0" Sur; Longitud 79°33'23.9" Oeste, posee una temperatura anual promedio de 26.10 °C y sus precipitaciones anuales son de 94,15 mm con una humedad relativa del 85%.

Figura 3:

Ubicación geográfica de la hacienda "Charito 1"



FUENTE: GOOGLE MAPS

3.2. Tipo de investigación

Para el desarrollo del presente proyecto, se describe los siguientes tipos de investigación utilizados las cuales son: la investigación de campo, investigación bibliográfica e investigación descriptiva.

3.2.1. Investigación de campo

Esta investigación se la realizo en el contacto directo con la hacienda para realizar una recopilación de información de fuentes primarias proporcionando una idea clara de las condiciones en las que se encuentra las instalaciones.

3.2.2. Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación se lo uso en la recopilación de información en libros, documentos, revistas, investigaciones científicas y otros tipos de documentos basados en el tema de investigación.

3.2.3. Investigación descriptiva

Con la ayuda de esta investigación se logró describir las principales características y el estado actual del sistema de riego que posee la hacienda “Charito 1”, esta información felicitará la realización del rediseño del sistema de riego.

3.3. Métodos de investigación

La metodología es una fase muy importante que ayuda a buscar información para resolver el proyecto utilizando diferentes métodos de investigación que se describen a continuación.

3.3.1. Método analítico

Este método se aplicó al procesamiento de datos, analizando la información obtenida directamente de la hacienda, misma que permitió determinar los problemas principales con cada una de sus causas existentes.

3.3.2. Método deductivo

La aplicación de este método brinda la facilidad de recopilar información esencial de textos, sitios web y trabajos de tesis para obtener parámetros de diseño científicamente justificados que ayudarán a lograr los objetivos planteados.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de investigación de este estudio se denomina no experimental porque los datos se obtienen directamente en el lugar de trabajo, utilizando técnicas como la observación, esta es una técnica en la que se observan cuidadosamente hechos o casos, se obtiene información y se registra para su posterior análisis, lo que permite identificar problemas en el sistema de riego.

3.5. Instrumentos de investigación

En el presente proyecto de investigación se utilizaron observaciones directas de campo y se realizaron entrevistas dirigidas al gerente administrador de la hacienda, el Ingeniero Wilson Narváez y al operario de la estación de riego.

3.6. Tratamiento de los datos

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron los softwares Excel, Word, AutoCAD, que permitieron la elaboración de diagramas de Ishikawa, matrices FODA y diagramas de flujo del correcto proceso de funcionamiento del motor de riego.

Se utilizo el EPANET como herramienta principal para el desarrollo de la simulación del sistema de riego.

3.7. Recursos humanos y materiales

Una vez formulada la estrategia de investigación, se deben determinar los recursos materiales y humanos necesarios para asegurar la consecución de los objetivos de la investigación.

Los recursos humanos y materiales que se emplearon en el proceso de la investigación se describen a continuación:

3.7.1. Recursos humanos

- Estudiante investigador
- Tutor Investigación

3.7.2. Recursos materiales

- Computador
- Lapiceros
- Cuadernos
- Calculadora
- Libros o textos de consultas

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del sistema de riego actual

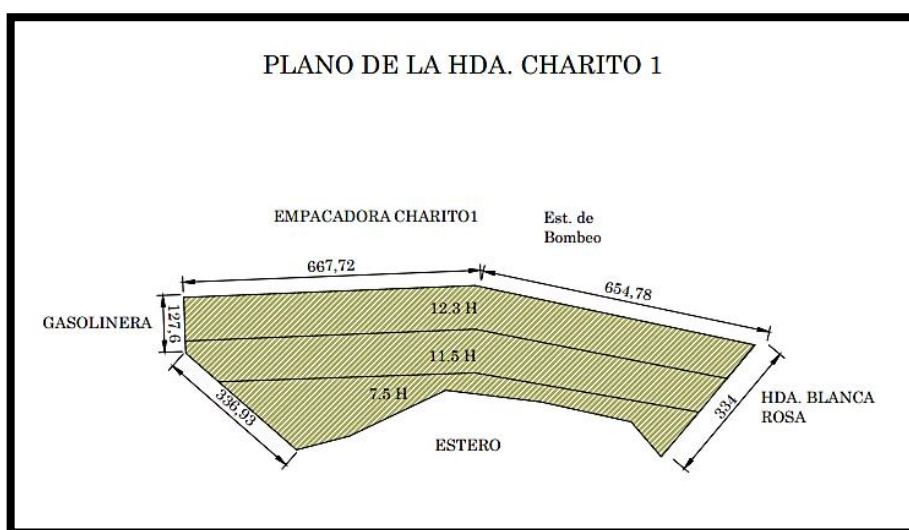
En la descripción del sistema de riego actual se mostrará las especificaciones físicas y técnicas del sistema de riego. Para ello será necesario conocer la materia prima (insumos) que se utilizan y los procesos necesarios para su ejecución.

Para desarrollar este objetivo se llevó a cabo una visita técnica a la hacienda, realizando una inspección a distintos puntos del sistema de riego, revisando tuberías, llaves de paso de agua hacia otro sector, válvulas, aspersores, motor de riego entre otros factores determinantes para el sistema de riego.

4.1.1. Plano de la hacienda Charito 1

Primeramente, se presenta el plano de terreno de la hacienda Charito 1 que es una herramienta valiosa para la gestión y planificación de las actividades agrícolas en esta finca ubicada en San Juan, Los Ríos, Ecuador. Con una extensión de 31.3 hectáreas, esta finca se dedica exclusivamente al cultivo de banano.

Figura 4:
Plano de la hacienda



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO
ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Interpretación: En esta representación, se pueden identificar diferentes elementos que componen el sistema de riego, como el distanciamiento entre aspersores que están representados por la longitud de las tuberías, además se muestra una sobrecarga de aspersores en las ramas laterales y extensiones realizadas que disminuyen la presión.

4.1.3. Motor de riego

El sistema funciona con un motor de combustión de marca WEICHAI, modelo WP10B190E201 de 190 kw de potencia, con una capacidad velocidad máxima de trabajo de 1800 r/min y un peso de 875 kg con un consumo de combustible aproximado de 18,5 L de diésel por hora.

La fecha de instalación fue el 15 de marzo del 2021, realiza una jornada laboral de 9 horas de lunes a viernes y 6 horas los sábados.

Figura 6:

Motor de riego



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.4. Tuberías

Las tuberías constituyen la red de distribución de agua del sistema de riego las cuales están clasificadas como la red principal y las líneas secundarias o laterales.

El material de las tuberías de sistema de riego actualmente es de PVC el cual es resistente a los esfuerzos que provoca el agua al recorrer las tuberías, este material es muy frágil ya que no soporta bien los golpes.

4.1.4.1. Red principal.

La red principal que tiene el sistema de riego posee un diámetro de 200 mm, esta red es la encargada de conducir el agua desde donde se encuentra el suministro de agua hasta las líneas secundarias de tuberías.

4.1.4.2. Líneas secundarias.

En este sistema de riego las líneas secundarias poseen diámetros de 160 y 120 mm el cual debido a las grandes distancias que debe recorrer el agua se aplica líneas terciarias de tuberías.

4.1.4.3. Líneas terciarias.

Estas tuberías poseen diámetros de 90 y 75 mm, estas tuberías presentan problemas debido a su fragilidad con golpes y al mal trabajo de obreros, pocas veces se encuentran tuberías en mal estado (rotas).

4.1.4.4. Tuberías porta emisores o ramas laterales.

Estas líneas de tuberías son las encargadas de llevar el agua hasta los emisores, cuentan con un diámetro de 25 mm y son las tuberías que con mayor frecuencia se encuentran rotas debido a su gran fragilidad.

4.1.5. Válvulas o llaves de paso de agua

Las válvulas o llaves de paso de agua son las encargadas de llevar el agua de las tuberías terciarias hasta las ramas laterales o porta emisores una vez que son abiertas

Tabla 7.

Características de válvulas

Tiempos de riego de válvulas			
Válvulas	T. de riego por válvula (min)	Válvulas abiertas por turnos de riego	T. de riego total (min)
36	50 min	2	900 min

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Actualmente según su tipo de material existen dos tipos de válvulas en este sistema de riego las cuales son válvulas en PVC y Válvula compuerta MASA cierre elástico.

4.1.5.1. *Válvulas en PVC.*

Existen válvulas de este tipo que se encuentran dañadas en el sistema de riego, comúnmente se rompe las manivelas de apertura y cierre de las llaves lo que luego dificulta el trabajo de los obreros ocasionando que estas sean reemplazadas.

Figura 7

Válvula PVC



FUENTE: PAGINA WEB

4.1.5.2. *Válvula compuerta MASA cierre elástico.*

Estas válvulas están hechas de metal lo que pocas veces se dañan, actualmente hay válvulas que no poseen volantes de apertura y cierre, los obreros proceden a trabajar con llaves francesas lo cual facilita el trabajo en válvulas que no poseen este volante.

Figura 8

Válvula compuerta MASA



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.6. *Aspersores*

En el sistema de riego, los aspersores se encuentran distribuidos a diferentes distancias entre sí. En algunas áreas, la separación entre los aspersores es de 15 metros, mientras que en otras áreas la separación es de 17 metros o de 13 metros. Es importante considerar estas variaciones en la distribución de los aspersores para asegurar una cobertura uniforme del agua de riego en toda el área cultivada. De esta manera, se puede maximizar la eficiencia del sistema de riego y garantizar un suministro adecuado de agua a las plantas en todas las áreas de la hacienda.

Actualmente existen 2 tipos de aspersores de diferentes características en este sistema de riego los cuales se muestran a continuación.

4.1.6.1. *Aspersor doble salida VYR-26 (plast. 1/2").*

Este aspersor está fabricado en plástico resistente, lo que le confiere una alta durabilidad y resistencia a la corrosión. Además, cuenta con una conexión de entrada de 1/2 pulgada, lo que lo hace compatible con la mayoría de los sistemas de riego existentes.

Figura 9:

Aspersor VYR-26



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.6.2. *Aspersor Circulo Parcial Amarillo 360" 1/2"*.

Una característica importante de este aspersor es que permite ajustar la dirección de riego mediante un tornillo en la parte superior del aspersor, lo que significa que se puede cambiar la dirección del chorro de agua para adaptarse a las necesidades del área de cultivo, esto puede ser útil para dirigir el agua hacia áreas específicas.

Figura 10:

Aspersor Circulo Parcial



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.1.7. Análisis FODA (*fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas*)

Para llevar a cabo el análisis FODA del sistema de riego, se logró examinar las áreas de cultivo para identificar las características del sistema actual y determinar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que presenta. Esta evaluación permite obtener una visión integral del sistema de riego, identificando los factores que pueden influir en su eficiencia y productividad. Con base en los resultados obtenidos, se pueden tomar decisiones informadas y estratégicas para mejorar el sistema de riego y maximizar su rendimiento.

Análisis **FODA** DEL SISTEMA DE RIEGO

FORTALEZAS

- *Se puede trabajar con más de una válvula abierta.*
- *Cubre una gran cantidad de superficie a regar.*
- *Se puede adaptar el modo de trabajo cuando disminuye la presión.*
- *Fácil inspección del funcionamiento de aspersores.*
- *Tuberías de poco diámetro fácil de arreglar.*
- *Alta capacidad del motor de riego*

OPORTUNIDADES

- *Se puede cambiar el suministro de agua a través de un estudio.*
- *Es adecuado para todo tipo de suelos dentro de la hacienda.*
- *Logra un buen rendimiento en la realización de trabajos.*
- *Posibilidad de reutilización de materiales.*

DEBILIDADES

- *Dificultad de arreglar tuberías de grandes diámetros.*
- *Mala distribución de aspersores por válvulas.*
- *Diferentes distancias entre aspersores.*
- *Extensiones en líneas laterales*

AMENAZAS

- *Robo de tuberías en ciertos sectores.*
- *Robo de aspersores en ciertos sectores.*
- *Mal control de la plantación.*



4.2. Mejora del diseño de riego

4.2.1. Recopilación de información básica

4.2.1.1. Plano topográfico.

Un punto de consideración es la extensión total del terreno que cuenta con una superficie total de 31.3 hectáreas, para lo cual se realizó el estudio correspondiente en la hacienda “Charito 1” para realizar un rediseño al sistema de riego por aspersión que actualmente posee, mismo que se usa para el cultivo de banano.

Tabla 8

Parámetros preliminares para diseño de riego

Parámetros	Unidad De Medida	Valor
Cultivo	-	banano
Área	ha	
Marco de Plantación	m ²	2.5 x 2.5
Tipo de riego	.	aspersión

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

4.2.1.2. Requerimientos del cultivo.

Se utilizará como referencia un artículo anteriormente desarrollado de una zona cercana al lugar de estudio en el que se realiza esta investigación (CamposanoI, Espinosa, & Saraguro, 2018), donde luego de una amplia investigación se determinó una lámina de riego a aplicar de 4 mm, se usará este dato para calcular las necesidades del sistema de riego.

4.2.1.3. Lámina de riego.

A partir de los requerimientos hídricos de la planta de banano trabajaremos con la demanda de agua necesaria que es de 4 mm/día, esta es la cantidad de agua que se debe de aplicar por unidad de superficie durante el periodo de riego.

Lámina de riego = 4 mm/día

4.2.1.4. Intervalo de riego.

Los intervalos de riego hacen referencia al período de descanso entre dos riegos consecutivos y se determinan de acuerdo con el cultivo, El intervalo de riego el cual no se debe de pasar para que el cultivo este en buenas condiciones es de aproximadamente 24 horas para nuestro cultivo.

Intervalo de riego = 24h

4.2.2. Selección del tipo de aspersor

Se selecciono el aspersor que se posee en mayor cantidad dentro de la plantación para optimizar los costos de instalación del rediseño del sistema de riego, además se tuvo en cuenta su caudal y radio de alcance que posee para distribuir el agua uniformemente manteniendo los niveles de eficiencia dentro del marco de plantación definido.

4.2.2.1. Aspersor agrícola circular VYR-26 (plast. 1/2").

Modelo: VYR-26

Proporciona una aspersión continua y uniforme. Su patrón de aplicación es instantáneo sobre un área extensa gracias a su alcance de hasta 24 metros de diámetro.

Especificaciones:

- Fabricado en polipropileno.
- Conexión macho de 1/2".
- Cuenta con dos boquillas a 26° y 18°.
- Eje y muelles fabricados en acero inoxidable.
- Caudal de trabajo 936 l/h a 4 Bar (40.8 mca).
- Diámetro de alcance de 24 m.

- Caudal de descarga 0.0358 l/s ($0.12888m^3/h$)
- Exponente de 0.536 mca

Figura 11

Aspersor del sistema de riego



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

4.2.2.2. Distancia entre aspersores.

Se tuvo en cuenta la capacidad de alcance de los aspersores seleccionados por el diseñador, asegurando la cobertura total del terreno y la eficiencia del propio sistema.

Un punto importante en el espaciado de los aspersores es el espacio de 2.5 metros entre cada línea de plantación de banano. Las líneas de riego deben estar comprendidas en espaciamientos libres.

No se tomó en cuenta el viento debido a que la plantación está en lo alto de su crecimiento y posee una densidad muy elevada.

Teniendo en cuenta los puntos anteriores sabemos que el diámetro de nuestro aspersor es de 24 m por lo tanto el distanciamiento de los aspersores es el radio de alcance que posee, teniendo una distancia de 12m entre cada aspersor.

Distancia entre aspersores = 12m

4.2.2.3. Área de riego en configuración de aspersores.

Esta área es la intersección entre los 4 círculos de riego de cuatro aspersores, con cada lado de 12 metros, donde se utilizarán 8 ramales, cada uno con 8 aspersores.

Total, de aspersores por hectárea: 64 aspersores por hectárea de plantación.

Para esta configuración se va a necesitar los siguientes requerimientos.

$$T.A. = \frac{Q_a}{D1 * D2}$$

Siendo:

T.A.: Tasa de aplicación en mm/hora.

Q_a : Caudal de operación del aspersor en lt/hora.

D1: Distancia entre aspersor horizontal en m.

D2: Distancia entre aspersor vertical en m.

Formula tomada de (Fernando, 2014).

Se obtuvo lo siguiente:

$$T.A. = \frac{936}{12 * 12} = 6.5 \text{ mm/hora}$$

Este dato nos ayuda a encontrar el tiempo de trabajo de 1 hectárea para cumplir con los requerimientos de la plantación de banano. El tiempo de riego se calcula mediante la siguiente ecuación.

$$T.R. = \frac{Lr}{T.A.}$$

Siendo:

T.R. = tiempo de riego en horas/día.

Lr = lamina de riego en mm/día

$$T.R. = \frac{4}{6.5} = 0.62 \text{ hora/dia}$$

Tiempo de riego: 0.40 hora/día = 37.2 min/día aproximado

Estos requerimientos se aproximan a las líneas terciarias. Siendo el caudal total que se debe implementar en una hectárea de plantación. Esto se determina por medio de la cantidad de

aspersores en una línea terciaria y la cantidad de líneas secundarias que debe de haber en una hectárea de plantación. Estos datos se los representan en la siguiente tabla.

Caudal en línea terciaria: $Q_a * 9$.

Caudal en línea Secundaria: Caudal línea terciaria * 9

Tabla 9.

Requerimientos de caudales

Línea de Abastecimiento	Caudal (L/H)	Caudal (m^3/h)
Ramas laterales	7488	7.488
Línea terciaria	59904	59.9

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

4.2.3. Sectorización del terreno de cultivo

Con el objetivo de lograr una distribución uniforme del agua en toda la hacienda, se planteó la necesidad de dividir la finca en varias áreas de 1 hectárea para diseñar un sistema de riego por aspersión que permitiera observar cada sección de forma independiente. Esta división en áreas, conocida como sectorización, permitiría controlar de manera precisa la cantidad de aspersores y la cantidad de agua que se distribuye en cada sección, asegurando así un riego uniforme y eficiente en toda la finca.

4.2.4. Selección de tuberías para realizar la simulación

Como primer criterio en la selección de tuberías se tomó en cuenta la optimización de los costos de instalación y pérdidas económicas que tendría la hacienda al reemplazar todas las tuberías instaladas por lo que se plantea reutilizar las tuberías para la simulación en el programa EPANET y observar el comportamiento del sistema con el diámetro de tuberías existentes.

4.2.5. Implementación de diseño de riego

A continuación, se presentan en la Tabla 10 de manera resumida los parámetros del diseño que se establecieron a través de cálculos y la selección del aspersor que se utilizara.

Tabla 10

Resumen necesidades del sistema

Necesidades del sistema	
Lámina de riego	4 mm
Frecuencia de riego	24 horas
Distancia entre aspersores	12 m
Distancia entre líneas de riego	12 m
Tiempo de riego	37.2 minutos
Caudal por aspersor	0.93 m ³ /h
Caudal por aspersor	936 litros/h

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Los aspersores están distribuidos en forma cuadrangular con un tiempo total de riego de 1264.4 minutos, este tiempo se reduce al trabajar con 2 válvulas dando un tiempo total de 632 minutos, este dato se calculó en base a los requerimientos de la planta de banano y los datos del aspersor.

Como dato importante se resalta que se optimizó en un 25.6% el tiempo de riego por válvula aprovechando de mejor forma en recurso hídrico que existe en el área.

4.2.6. Simulación del sistema de riego con el programa EPANET

Esta simulación se la realiza con el fin de observar el comportamiento de la red de tuberías con los diámetros que existen en la hacienda y que se presenten las presiones necesarias en los aspersores con su nueva distribución para un buen rendimiento en el riego.

4.2.6.1. Pasos para realizar la simulación en EPANET.

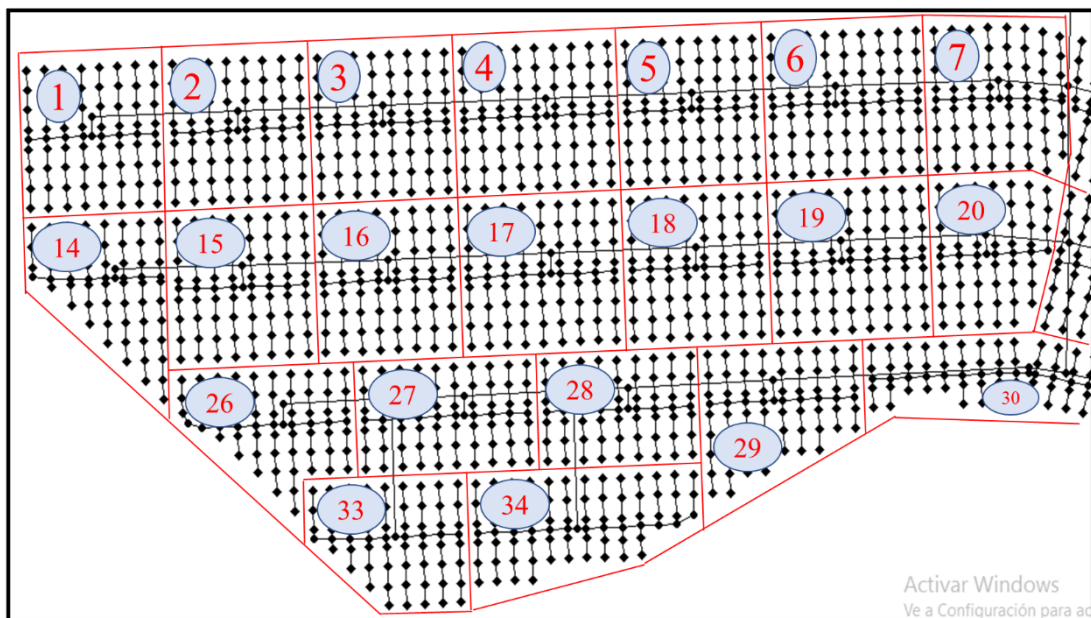
A continuación, se describen los pasos que se deben tomar para crear un modelo de distribución de agua utilizando el software EPANET.

4.2.6.1.1. Dibujar el esquema de la red de tuberías.

Para realizar el esquema de la red de tuberías se observó la dirección del suministro de agua y la bomba además de las líneas de cosecha de la hacienda, colocando las válvulas de aperturas a los costados de las líneas para una mejor visualización para el trabajador encargado del riego. Se utilizó el distanciamiento de aspersores de 12m previamente obtenido en la selección del aspersor y los sectores del terreno para determinar el tamaño de las válvulas.

Figura 12:

Red de tuberías del sistema de riego parte 1



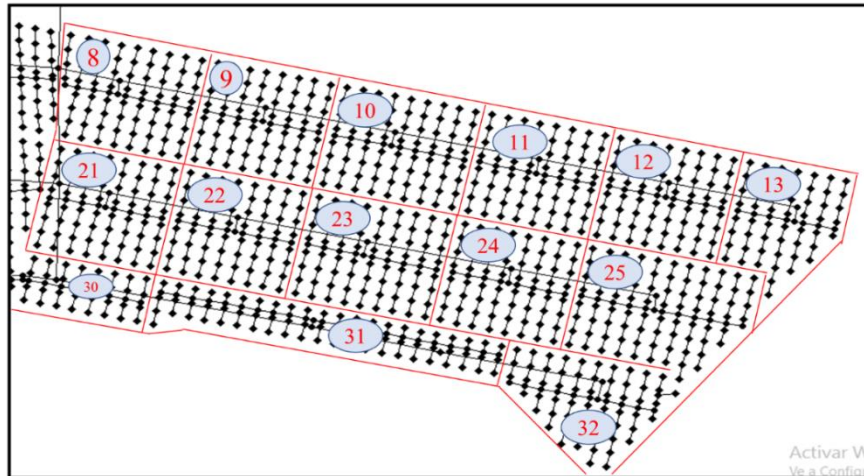
FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Interpretación: En este gráfico se observan las válvulas de riego sectorizadas de una parte de la hacienda elaborado en el programa EPANET.

Figura 13:

Red de tuberías del sistema de riego parte 2



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

Interpretación: Este grafico muestra el restante de válvulas de riego sectorizadas elaborado en el programa EPANET.

Tabla 11.

Numero de aspersores por válvulas de riego

NUM. DE VALVULA	ASPERORES POR VALVULA	NUM. DE VALVULA	ASPERORES POR VALVULA
1	64	18	64
2	64	19	72
3	64	20	50
4	72	21	64
5	64	22	64
6	72	23	72
7	63	24	64
8	68	25	72
9	64	26	54
10	72	27	60
11	64	28	54
12	64	29	58
13	45	30	64
14	48	31	67
15	64	32	59
16	64	33	53
17	72	34	62

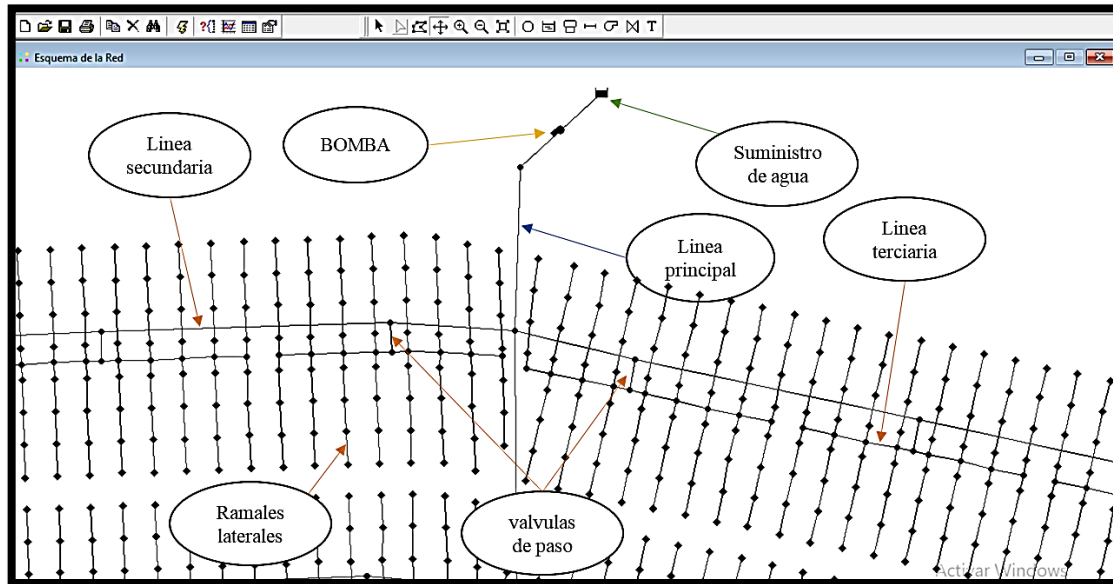
FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Para una mejor visualización de la red y el comportamiento del sistema de riego dentro de la simulación se utilizará una sección donde se muestren dos válvulas de riego, la bomba y el suministro de agua, además se podrá observar la línea principal de tuberías, secundaria, terciarias y los ramales porta emisores.

Figura 14:

Esquema de la red de tuberías



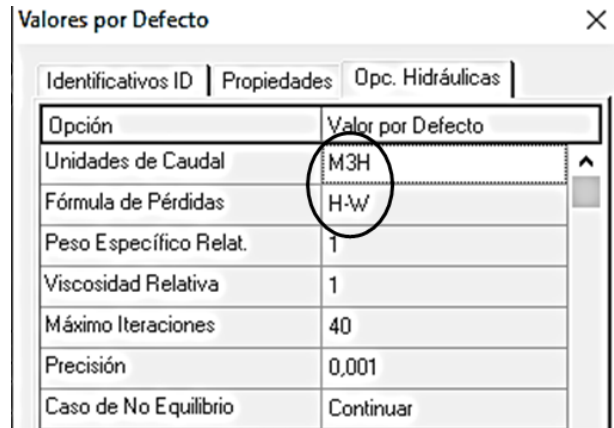
FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO
ELABORADO POR: NARANJO (2023)

4.2.6.1.2. Edición de las propiedades de los elementos que configuran el sistema.

Para esto se usó el editor de propiedades, como punto importante se asignó las unidades de caudal que se utilizara en el modelo que es de M³H (metros cúbicos por hora) y la ecuación de pérdidas que se utilizar es la de H-W (Hazen y Williams).

Figura 15

Configuración de propiedades en EPANET



Opción	Valor por Defecto
Unidades de Caudal	M3H
Fórmula de Pérdidas	H-W
Peso Específico Relat.	1
Viscosidad Relativa	1
Máximo Iteraciones	40
Precisión	0,001
Caso de No Equilibrio	Continuar

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

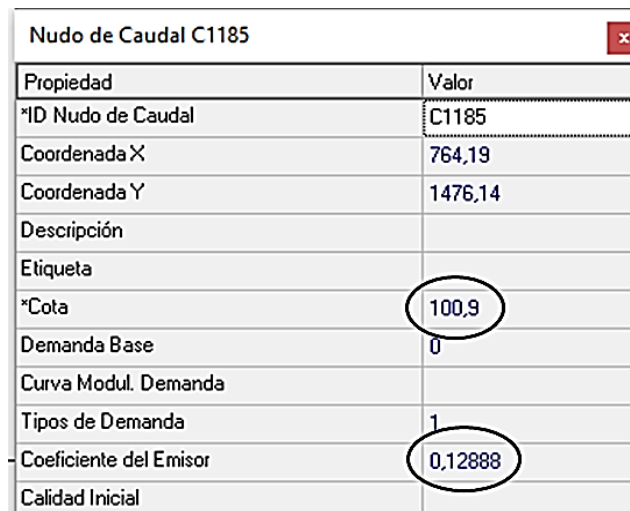
ELABORADO POR: NARANJO (2023)

4.2.6.1.3. Insertar datos de los emisores en los nodos que se utilizaran para simular los aspersores.

Estos datos son correspondientes del aspersor que se utilizara en el sistema, colocando una cantidad de 0,536 en exponente del emisor y una cantidad de 0,12888 como coeficiente del emisor, una cota de 100,9 lo que se determina que tiene una altura de 90 cm con respecto al terreno. Los nodos utilizados como accesorios para el sistema de riego poseen una cota de 100m debido a que no existen desniveles elevados en el terreno del lugar de estudio.

Figura 16:

Configuración de los datos de aspersores



Propiedad	Valor
*ID Nudo de Caudal	C1185
Coordenada X	764,19
Coordenada Y	1476,14
Descripción	
Etiqueta	
*Cota	100,9
Demanda Base	0
Curva Modul. Demanda	
Tipos de Demanda	1
Coeficiente del Emisor	0,12888
Calidad Inicial	

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

4.2.6.1.4. Insertar datos en las tuberías.

El diámetro en la que se colocó en la tubería principal es de 200mm, 160 para las tuberías secundarias, 90mm para las tuberías terciarias y 25mm para los ramales porta emisores. Se trabajó con una rugosidad entre 140 y 150 mm correspondiente a la ecuación utilizada de H-W para tuberías de PVC, se insertó también sus respectivas pérdidas de cargas de los accesorios.

Figura 17

Configuración de tuberías

Propiedad	Valor
*ID Tubería	T7
*Nudo Inicial	C2128
*Nudo Final	C2129
Descripción	
Etiqueta	
*Longitud	60,65
*Diámetro	200
*Rugosidad	140
Coef. Pérdidas Menores	0,85
Estado Inicial	Abierta
Coef. Reacción en el Medio	
Coef. Reacción en la Pared	

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

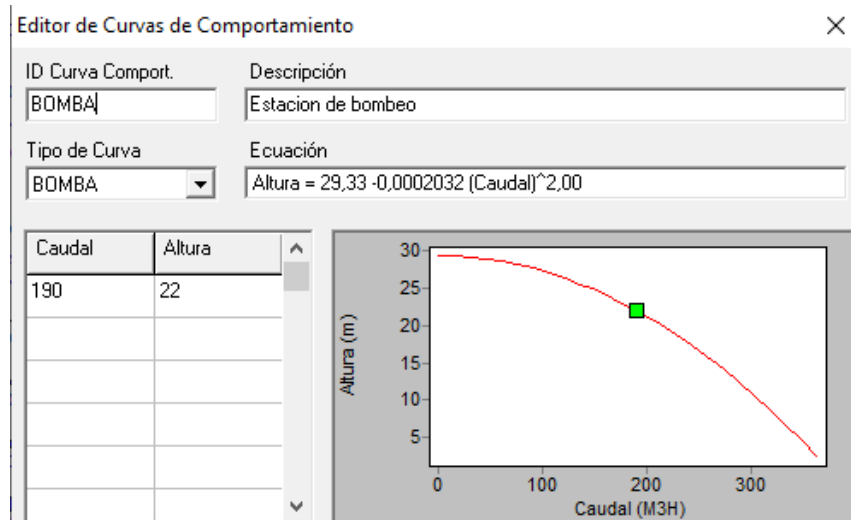
4.2.6.1.5. Insertar datos de la bomba.

Para este paso se utilizó el caudal necesario para el abastecimiento de 2 válvulas de riego abiertas al mismo tiempo que se obtiene multiplicando el caudal que utiliza el aspersor por el número de aspersores totales en 2 válvulas. La curva característica que se utilizó fue de $190 \text{ m}^3/\text{h}$ a una altura de 21,5 m.

La curva de la bomba fue generada para incluir el caudal máximo necesario y una CDT adecuada para garantizar una presión suficiente en todos los aspersores del sistema.

Figura 18

Configuración de la bomba



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

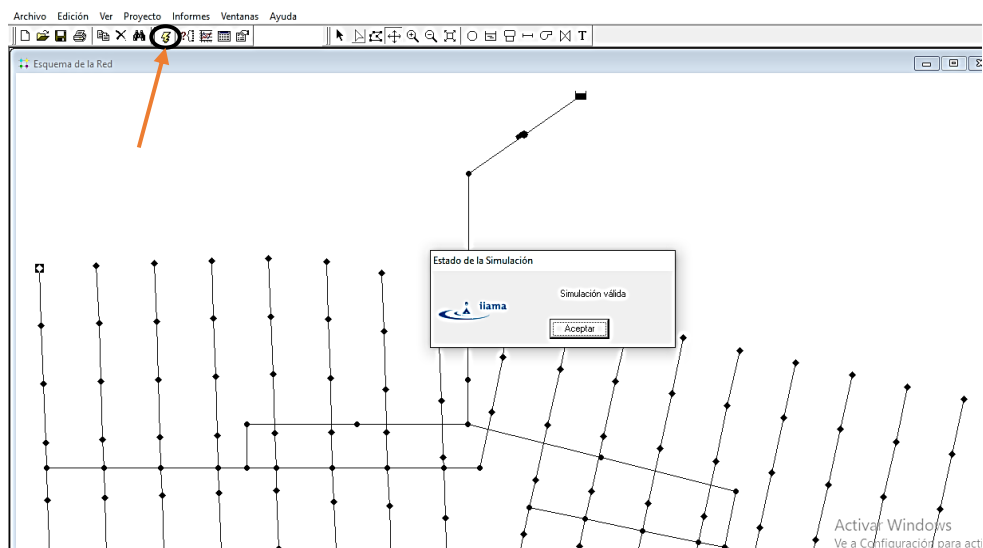
ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

4.2.6.1.6. Iniciar simulación.

Se ejecutó el programa para evaluar SI el sistema satisface los requisitos previamente establecidos, una vez realizada la simulación se presentará los resultados de los diferentes elementos.

Figura 19

Inicio de la simulación



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

4.2.6.2. Resultados de la simulación realizada en EPANET.

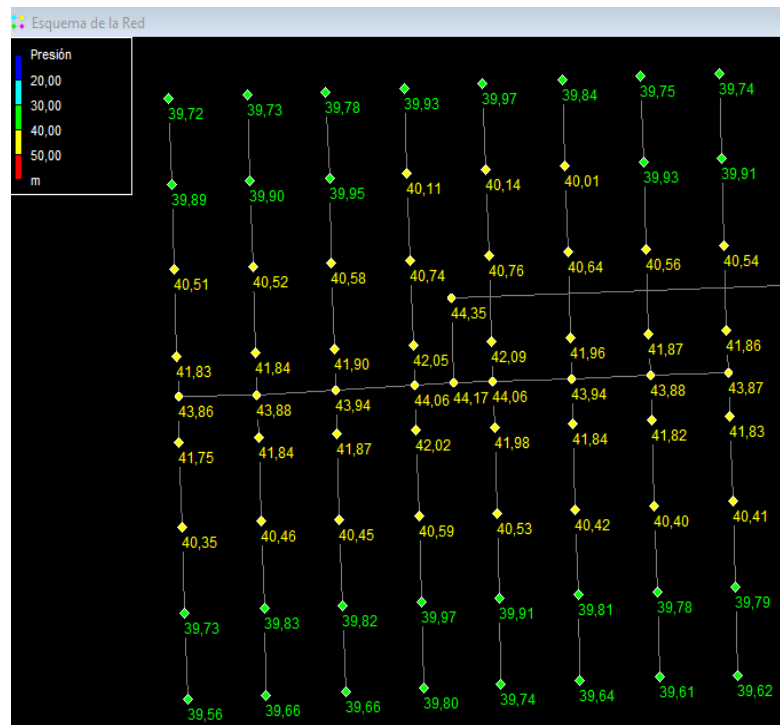
Se mostrarán los resultados de la simulación correspondientes a un turno de riego en el cual se trabaja con 2 válvulas abiertas, los resultados del resto de válvulas se los mostrara correspondientemente en el apartado de anexos.

4.2.6.2.1. Presión de aspersores.

Según los datos del aspersor para un correcto funcionamiento debe trabajar con una presión de 4 bar lo que corresponde a 40.8 mca (metros columna de agua) que son las unidades de presión del programa. Se debe recalcar que los cuadrados representan aspersores y los círculos son conexiones.

Figura 20

Presión de aspersores



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

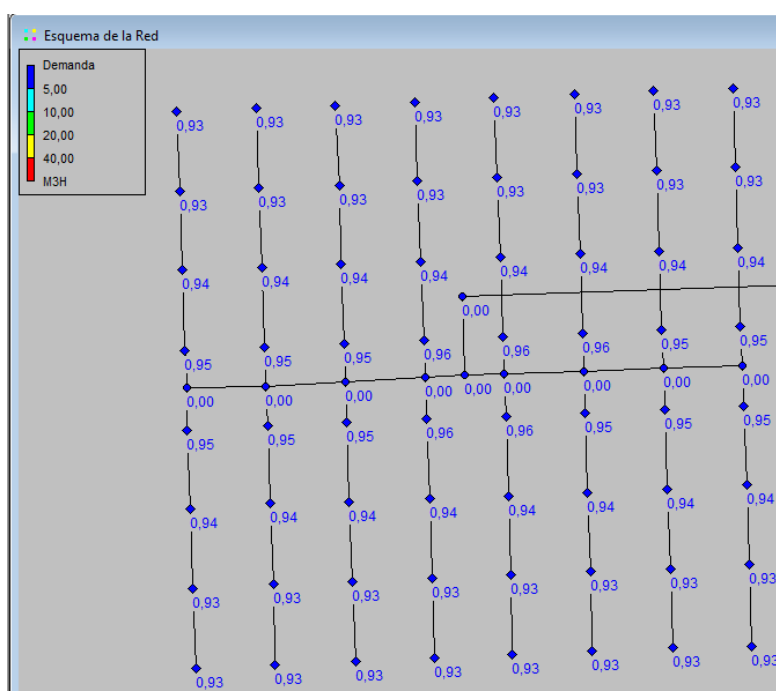
Interpretación: En la se logra observar que todas las presiones de los aspersores se encuentran en un rango de 39.60 a 42 mca, con esto se comprueba que existen presiones equilibradas con respecto al trabajo de aspersores.

4.2.6.2.2. *Demanda de caudal en los aspersores.*

La demanda de caudal es uno de los aspectos más importantes en el diseño y operación de un sistema de riego. Conocer la cantidad de agua que necesita cada aspersor es fundamental para dimensionar correctamente la bomba y los tubos, y para asegurar que cada zona del cultivo reciba la cantidad adecuada de agua. En este contexto, se presenta una tabla obtenida a partir del software de modelado hidráulico.

Figura 21:

Demanda de caudal de aspersores



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Interpretación: Los valores de los nodos que simulan los aspersores representan el caudal necesario que requieren los aspersores para su correcto funcionamiento, necesitando valores de caudal en metros cúbicos por hora de entre 0,93 a 0,96 m^3/h .

4.2.6.2.3. Valores de caudal, velocidad y pérdidas unitarias de las tuberías en uso.

A continuación, se representarán los valores de caudal, velocidad y pérdidas de las tuberías con diámetros de 25, 90, 160mm correspondientes a las líneas de tuberías, recalcando que son de las válvulas que se encuentran habilitadas con un flujo de caudal.

Figura 22:
Tuberías de 25mm

ID Línea	Caudal M3H	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
Tubería T373	3,76	2,13	190,78
Tubería T374	2,80	1,59	110,76
Tubería T375	3,75	2,12	190,19
Tubería T376	2,80	1,58	110,42
Tubería T377	3,75	2,12	189,79
Tubería T378	2,80	1,58	110,19
Tubería T379	1,86	1,05	51,69
Tubería T380	0,93	0,53	14,29
Tubería T381	3,75	2,12	189,74
Tubería T382	2,80	1,58	110,16
Tubería T383	1,86	1,05	51,68
Tubería T384	0,93	0,52	14,29
Tubería T385	3,74	2,12	189,27

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

Interpretación: Las tablas presentadas nos muestran las características de las tuberías de riego en cuanto a su caudal, velocidad y pérdidas unitarias. Los valores más altos en pérdidas unitarias, velocidad y flujo de caudal corresponden a las primeras tuberías salientes de las líneas terciarias responsables de distribuir el agua a sus ramas laterales, mientras que los valores más bajos corresponden a las últimas tuberías de cada rama.

Se dio como resultado una variación de caudal de 0,93 m³/h, una variación de velocidad de 0,53m/s entre cada tubería de las ramas laterales.

Figura 23

Tuberías de 90 mm

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Caudal M3H	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
Tubería T268	30,32	1,32	17,77
Tubería T269	22,73	0,99	10,43
Tubería T270	15,15	0,66	4,91
Tubería T271	7,57	0,33	1,36
Tubería T272	30,30	1,32	17,75
Tubería T273	22,71	0,99	10,41
Tubería T274	15,14	0,66	4,91
Tubería T275	7,57	0,33	1,36

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Interpretación: Este grafico nos muestra una variación de caudal entre tuberías terciarias de 7,59 m³/h y una variación de velocidad de 0.33 m/s, además nos muestra los valores de perdidas unitarias por tuberías.

Figura 24

Tuberías de 160 mm

Estado de las Líneas de la Red			
ID Línea	Caudal M3H	Velocidad m/s	Pérdida Unit. m/km
Tubería T1768	0,00	0,00	0,00
Tubería T3096	0,99	0,01	0,00
Tubería T3097	0,00	0,00	0,00
Tubería T1851	60,24	0,83	3,84
Tubería T1852	0,00	0,00	0,00
Tubería T712	0,00	0,00	0,00
Tubería T730	0,00	0,00	0,00
Tubería T200	0,00	0,00	0,00
Tubería T201	0,00	0,00	0,00
Tubería T10	0,00	0,00	0,00
Tubería T312	60,24	0,83	3,84
Tubería T313	60,24	0,83	3,84

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Interpretación: En las tuberías de 160mm transcurre un caudal de 60,24 m³/h a una velocidad de 0.83 m/s con pérdidas unitarias de 3,84 m/km.

Gracias a la utilización del programa EPANET, se logró mejorar el diseño del sistema de riego por aspersión que presentaba sobrecarga de aspersores por válvula y distancias desiguales entre ellos.

La simulación proporcionó información valiosa sobre la presión en cada punto del sistema, el caudal en cada aspersor y la eficiencia del sistema en general. Se pudo observar que se logró generar el caudal necesario para el buen funcionamiento de los aspersores, asegurando que cada uno de ellos reciba la cantidad de agua adecuada. Esto se traduce en una mayor eficiencia del sistema y un mejor aprovechamiento del agua disponible.

Además, se pudo lograr una repartición de válvulas que permitió eliminar la sobrecarga de aspersores y garantizar distancias uniformes entre ellos de 12 metros. Esto ha resultado en la obtención de presiones estables y una mayor uniformidad en la distribución de agua durante el riego, lo que se traduce en una mayor eficiencia del sistema. Además, las pérdidas de carga que se generan en el sistema no son significativas, lo que significa que no influyen en gran medida en la presión del agua en el sistema y no comprometen su eficiencia.

En resumen, el uso de EPANET ha permitido optimizar el diseño del sistema de riego por aspersión, mejorando su desempeño y asegurando una distribución uniforme del agua en todo el campo de cultivo. La combinación adecuada de tuberías y válvulas, junto con la eliminación de la sobrecarga de aspersores y la uniformidad en las distancias entre ellos, ha permitido garantizar un flujo de agua uniforme y una presión constante en todo el sistema. Todo esto se traduce en una mayor eficiencia en el uso del agua y una mejor productividad en el campo de cultivo.

El uso de herramientas como EPANET es esencial para optimizar el diseño de sistemas de riego por aspersión, garantizando su eficiencia y productividad. La información obtenida a través de la simulación proporciona valiosos datos sobre la presión, el caudal y la eficiencia del sistema, lo que permite realizar ajustes precisos y asegurar un funcionamiento óptimo del sistema de riego. En definitiva, el uso de herramientas de simulación y diseño es fundamental para garantizar un uso eficiente y sostenible del agua en el campo de cultivo.

4.3. Plan de mantenimiento preventivo para la estación de riego

4.3.1. Descripción de la empresa

La Hacienda Charito 1 se dedica a la producción de banano ya su posterior preparación para su exportación a otros países. Especializados en el cultivo de esta fruta, se enfoca en obtener una calidad superior en cada etapa del proceso, desde la siembra hasta la cosecha y el empaque final. Con la visión de ofrecer un producto fresco y de alta calidad, trabaja con esmero para garantizar la satisfacción de sus clientes.

4.3.2. Propuesta


Esta propuesta de plan de mantenimiento está diseñada con el propósito de prevenir y disminuir todos los posibles fallos que se puedan presentar en el motor de riego para que de esta manera no haya una paralización del sistema de riego ocasionando sequedad en el cultivo.

4.3.3. Ficha técnica

Este es un documento en forma resumida que contiene una descripción detallada de las características de una máquina, material, proceso o procedimiento. El contenido varía en función del producto o servicio descrito, pero en general suele incluir datos como nombres, propiedades físicas, métodos de uso o preparación, características más destacadas y especificaciones técnicas.

Tabla 12

Ficha técnica del motor de riego

		PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VERSIÓN: 01
		FICHA TECNICA	PAGINA: 01 No: 01
1. DATOS GENERALES			FOTOGRAFÍA DEL EQUIPO/MAQUINARIA
Equipo/ Maquinaria: DIESEL ENGINE		Código:	
Marca: WEICHAI	Modelo: WP10B190E201	Peso: 875 kg	
TIEMPOS DE OPERACIÓN			
Jornada Laboral: 10h diaria.	Intermitente: Proceso		
Hoja De Vida: 01	Fecha De Instalación: 15/03/2021		
2. DATOS DEL FABRICANTE			
País/Ciudad: Ecuador/ Vines		Correo Electrónico: weichai@weichai.com	
Empresa Fabricante: Weichai Power			
3. SERVICIO DE OPERACIÓN			
Voltaje: 190 kw	Amperaje: N/A	Potencia: 1800 r/min	
NEUMATICA	OTROS: -		
Precisión De Trabajo: 10/10			
OBSERVACIONES: Se recomienda al operador de la maquina laborar con orejeras anti-ruídos, la exposición continua de ruido puede causar estrés, ansiedad, presión arterial alta, enfermedad cardiaca y muchos otros problemas de salud.			

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Interpretación: El sistema se opera mediante un motor de combustión de la marca WEICHAI, con el modelo WP10B190E201 que ofrece una potencia de 190 kw. Este motor tiene una capacidad de velocidad máxima de trabajo de 1800 r/min y pesa alrededor de 875 kg. Además, consume cerca de 18,5 litros de diésel por hora.

4.3.4. Hoja de vida

La hoja de vida del equipo es un documento que nos permite determinar la identidad del equipo o maquinaria. A través de este documento se identifican las características de los equipos, además se incluye información histórica del mantenimiento realizado a los equipos, ya sea correctivo o preventivo. Este archivo también asegura que estamos haciendo inventarios de dispositivos de la manera correcta, lo que nos facilita su gestión.

Tabla 13.*Hoja de vida del motor de riego*

	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	VERSIÓN:01
	HOJA DE VIDA	PAGINA:01 No:01

Hoja de Vida No:01	Nombre del Equipo/Maquinaria: DIESEL ENGINE
Ficha Técnica No:01	Código del Equipo/Maquinaria: x

HISTORIAL DE REPARACIONES				
Fecha	Orden de trabajo	Descripción	Reparo	Costo
25/06/21	S/D	Lubricación de ejes de cambios	Operario	\$120
15/07/21	S/D	Cambios de filtros de diésel, aceite y raco	Operario	\$250
20/10/21	S/D	Cambio o reparación de ejes	Operario	\$1500
12/05/22	S/D	Lubricación de las Crucetas de cardan	Operario	\$200
20/08/22	S/D	Lubricación de la maquina	Operario	\$600

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO**ELABORADO POR:** NARANJO (2023)

4.3.5. Análisis modal de falla y efecto (AMFE)

El método AMFE puede ayudar a detectar posibles fallas y defectos en sus componentes en el motor de riego, como la bomba de combustible, la transmisión, el sistema de enfriamiento, entre otros. De esta forma, se pueden tomar medidas preventivas para reducir el riesgo de paros no planificados, mejorar la eficiencia del motor y prolongar su vida útil.

Tabla 14

Método AMFE

DIESEL ENGIN								
Modo de fallo	Causas de fallo	Efectos de fallo	Consecuencias de Fallo.	G	F	D	IPR	Observaciones
Rotura de ejes	Desgaste por absorción de arena	Paralización operativa del motor	Operativa	9	5	3	135	Tener repuesto de ejes para cambio
Falla en el encendido del motor	Mala conexión en las baterías	El motor no arranca	Operativa	8	4	3	96	Revisar la conexión de la maquina antes de usar
	Filtro de combustible obstruido	El motor no arranca	Operativa	8	4	3	96	Revisar la conexión de la maquina antes de usar

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: NARANJO (2023)

Después de analizar exhaustivamente el motor de riego mediante el método AMFE, se han identificado oportunidades para mejorar su desempeño y reducir el IPR (Índice de Paro y Riesgo) del sistema. En este contexto, se llevarán a cabo una serie de actividades específicas para abordar estos problemas y lograr una operación más eficiente y segura del sistema de riego. Con el objetivo de maximizar el rendimiento y prolongar la vida útil del motor, estas actividades serán cuidadosamente planificadas y ejecutadas por encargado de la máquina.

4.3.6. Relación de requerimientos

El meta de este programa de mantenimiento es desarrollar políticas y actividades para garantizar el buen funcionamiento del motor de riego que es el principal componente para realizar el proceso de riego dentro de la hacienda Charito 1.

4.3.6.1. Tipos de mantenimiento más convenientes.

Mantenimiento de rutina y preventivo: Incluye el mantenimiento periódico, como la lubricación de las máquinas, inspecciones y trabajos menores repetitivos.

Después de especificar los tipos de mantenimiento que se puede aplicar, se presentan las actividades o relación de requerimientos a desarrollar en los equipos de la empresa, los cuales son de distinta naturaleza, tales como:

- Lubricación
- Mecánicas
- Instrumentación

La codificación se hará con base en una relación alfanumérica, identificando la inicial de la actividad y un número consecutivo siguiente, como se muestra a continuación.

La letra L representa actividades de lubricación, seguida del número consecutivo de si actividad por ejemplo L4 que representaría a la actividad de lubricación número 4. Lo mismo aplica para las demás actividades de mantenimiento.

4.3.6.2. *Actividades de Lubricación.*

Tabla 15.

Actividades de lubricación

ACTIVIDAD	CODIGO
Cambio de aceite	L01
Engrase y lubricación	L02
Control de desgaste	L03
Control de fricción	L04
Inspección de fugas de lubricantes	L05

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

Interpretación: Las actividades de mantenimiento preventivo de lubricación en el motor de riego son esenciales para garantizar su correcto funcionamiento y prolongar su vida útil. La lubricación adecuada de las diferentes piezas del motor es fundamental para reducir la fricción entre las mismas, minimizar el desgaste y la corrosión, y evitar el sobrecalentamiento y el aumento del consumo de combustible.

4.3.6.3. *Actividades Mecánicas.*

Tabla 16

Actividades mecánicas

ACTIVIDAD	CODIGO
Revisión y ajustes de tuercas y pernos	M01
Revisión del funcionamiento del equipo	M02
Revisión y/o cambios de filtros	M03
Limpieza general	M04
Limpieza al área de trabajo	M05
Reemplazo de piezas gastadas.	M06

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

Interpretación: Esta tabla contiene seis actividades de mantenimiento mecánico específicas para el motor de riego. La tabla es útil para garantizar que se realicen las actividades de mantenimiento necesarias para mantener el motor de riego en buen estado y prevenir fallas en el sistema.

4.3.6.4. Actividades de Instrumentación.

Tabla 17

Actividades de instrumentación

ACTIVIDAD	CÓDIGO
Inspección y ajuste de la velocidad del motor	I01
Verificar la temperatura	I02
Revisión del voltaje de la batería	I03

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

4.3.7. Tableros de control

Se realiza un cronograma de actividades para brindar orientación diaria, semanal, mensual, trimestral o anual sobre todas las actividades de mantenimiento necesarias para mantener la máquina estudiada en el trabajo en condiciones de funcionamiento adecuadas.

El siguiente tablero de control corresponde a las actividades de mantenimiento a realizar durante un mes de operación del motor sin contar los domingos.

Tabla 18

Tablero de control

Semanas Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L01										x										x			
L02	x														x									
L03			x								x								x					
L04		x												x										
L05	x						x						x						x					
M01				x				x				x				x				x				x
M02	x												x											
M03		x														x								
M04									x															
M05										x												x		
M06																								x
I01	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I02	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
I03	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

Es necesario comprobar si hay derrame de agua, combustible o aceite, apretando las tuercas, tornillos o abrazaderas de las mangueras en cada periodo de mantenimiento.

4.3.8. Proceso de funcionamiento del motor de riego

Este es el proceso en el que se lleva a cabo el trabajo dentro de la estación de riego donde se realizan diversas revisiones y actividades para un correcto funcionamiento en el motor de riego.

➤ **Encendido**

1. Revisión de agua en el radiador.
2. Revisión de aceite y combustible (que este en temple si no está hay que completar).
3. Revisión de bornes y conexiones en batería.
4. Revisión del estado del embrague (póngalo suelto).
5. Encendido del motor.
6. Espera de tiempo determinado para que el aceite suba a todas las paredes del motor por dentro.
7. Se le da marcha al motor.
8. Se sube las revoluciones poco a poco hasta que las tuberías del campo se llenen, se trabaja con 1300 r/min durante 20 minutos.
9. Alza de revoluciones completas del motor (1600 r/min).
10. Revisión del combustible cada hora, 1 abastecimiento al día.
11. Revisión del motor cada hora.

➤ **Apagado**

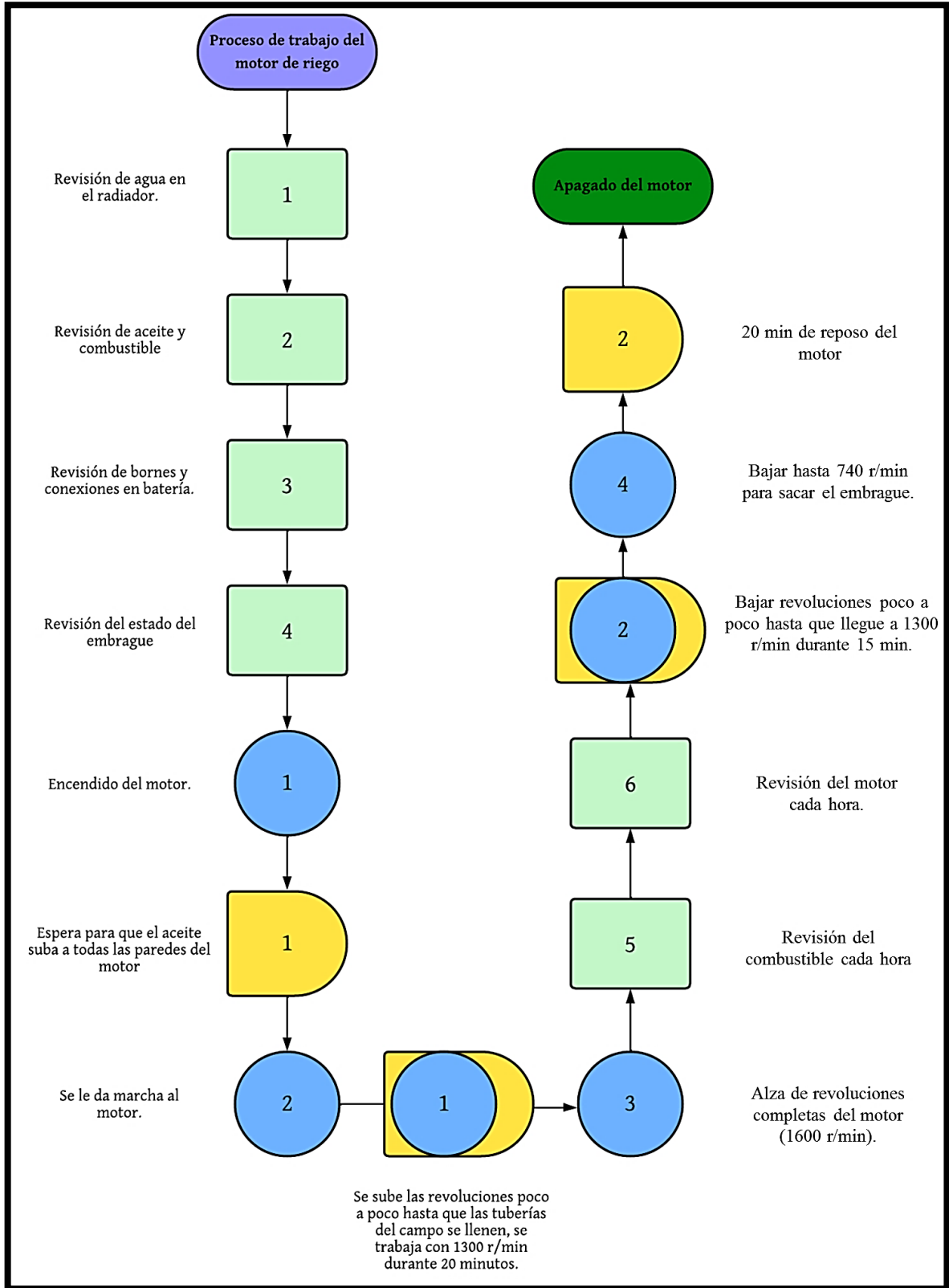
12. Bajar revoluciones poco a poco hasta que llegue a 1300 r/min durante 15 min.
13. Bajar hasta 740 r/min para sacar el embrague.
14. 20 min de reposo del motor
15. Apagado del motor

4.3.8.1. Diagrama de proceso del funcionamiento del motor de riego.

Este diagrama de proceso es una herramienta valiosa que permitirá comprender con mayor detalle la secuencia de operación del motor de riego, lo que resulta fundamental para un adecuado manejo y mantenimiento del equipo. Además, su utilidad va más allá, ya que también contribuye a mejorar la comprensión del funcionamiento del motor de riego por parte de futuros operativos, lo que se traduce en una reducción de tiempos de entrenamiento y una mayor eficiencia en el desempeño de sus funciones.

Figura 25

Diagrama de proceso del funcionamiento del motor de riego



FUENTE: INVESTIGACIÓN DE CAMPO

ELABORADO POR: L. NARANJO JIMÉNEZ

4.3.9. *Aspersores y válvulas de riego*

Es recomendable realizar una revisión del estado de trabajo de los aspersores durante cada proceso de riego, además es importante realizar una limpieza regular de los mismos para evitar la acumulación de sedimentos y otros residuos que puedan obstruir los orificios de salida del agua y reducir su eficiencia.

En el caso de las válvulas de riego, es necesario comprobar periódicamente su funcionamiento y estado de sellado para asegurar que no existan fugas de agua, lo que podría afectar la eficiencia del sistema y generar un mayor consumo de agua. Realizar estas actividades de mantenimiento de forma regular contribuirá significativamente a la prolongación de la vida útil del sistema de riego ya su óptimo rendimiento.

4.4. Discusión

4.4.1. *Discusión con respecto a la descripción del sistema de riego de la hacienda*

Conocer las características de un sistema de riego es crucial para una gestión adecuada del agua en la agricultura. Una descripción precisa del sistema de riego puede proporcionar información valiosa para mejorar la eficiencia en el uso del agua y reducir los costos. Además, puede ayudar a los agricultores y técnicos en la identificación de problemas en el sistema y en la selección de la mejor tecnología para las necesidades específicas de la producción (Labrada Fernández, 2008).

La descripción detallada del sistema de riego actual de la hacienda es fundamental para comprender cómo funciona el sistema y para identificar posibles áreas de mejora. En este sentido, se ha logrado una descripción detallada de los diferentes componentes del sistema, incluidos los canales, las tuberías, las válvulas, las bombas y los controles de flujo. Se ha obtenido información sobre el tamaño y la capacidad de los canales y tuberías, así como sobre la ubicación y la función de las diferentes válvulas y bombas. Además, se ha analizado el sistema de control de flujo utilizado en la hacienda.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la descripción del sistema de riego actual también tiene limitaciones. Por ejemplo, no se ha podido obtener información detallada sobre la calidad del agua utilizada en el sistema, ni sobre la cantidad de agua que se utiliza en cada cultivo. Estos datos serían útiles para comprender mejor la eficiencia del sistema y para identificar posibles áreas de mejora.

4.4.2. Discusión con respecto a la mejora del sistema de riego

La mejora de los sistemas de riego puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y económica a largo plazo de la agricultura. La mejora de la eficiencia del uso del agua puede ayudar a conservar los recursos hídricos limitados y reducir los impactos ambientales negativos asociados con la producción agrícola. Esto a su vez puede ayudar a asegurar que la agricultura siga siendo una fuente viable de sustento para las generaciones futuras (Smith, Johnson, & Garcia, 2018).

En la evaluación del sistema de riego anterior, se identificó que el tiempo de riego por válvula era 50 min y una distancia entre aspersores nada uniformes, lo que limitaba la cantidad de agua disponible para otros cultivos y generaba un uso ineficiente del agua. En este sentido, se implementaron mejoras en la distribución de aspersores por válvula y el distanciamiento entre aspersores calculando así su tiempo de trabajo, lo que redujo el tiempo de riego por válvula en un 25.6% en promedio. Además, la reutilización de tuberías y aspersores reduce el costo de instalación del sistema de riego, lo que resulta en un ahorro significativo en términos de inversión.

4.4.3. Discusión con respecto al plan de mantenimiento preventivo realizado al motor de riego que se utiliza

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo puede ayudar a evitar costosas reparaciones y reemplazos de equipos debido a problemas que podrían haberse prevenido con una adecuada inspección y mantenimiento, además es esencial para evitar fallas en el equipo, reducir los costos de reparación y minimizar las interrupciones en el riego. Según un artículo publicado por la revista Irrigation Today, el costo de reemplazar un motor de riego puede oscilar entre \$2,500 y \$7,500, lo que destaca la importancia de un mantenimiento adecuado y preventivo (Jansson, 2014).

El plan de mantenimiento preventivo desarrollado en este trabajo se basó en una revisión periódica del motor de riego, la limpieza de los componentes y la sustitución de piezas defectuosas. Además, se incluye la revisión y mantenimiento de otros elementos del sistema de riego que pueden afectar el funcionamiento del motor.

La implementación de este plan de mantenimiento permitirá mejorar la eficiencia y prolongar la vida útil del motor de riego. Al prevenir fallas y realizar reparaciones menores de manera oportuna, se evita la necesidad de costosas reparaciones mayores o la sustitución completa del motor.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el presente proyecto de investigación se mejoró el diseño del sistema de riego agrícola por aspersión con el fin de mejorar la producción de cultivo de banano de la hacienda Charito 1 que presentaba problemas de sequedad en su cultivo disminuyendo la calidad de la fruta.
- De acuerdo con la descripción del sistema de riego actual que se desarrolló, se logró determinar el estado en el que se encuentra, estableciendo así los puntos fuertes y débiles que lo conforman al igual que las causas de los problemas que presenta.
- Se mejoró la red del sistema de riego determinando la distancia óptima entre aspersores (12 m) para lograr así una mejor uniformidad al momento de realizar el riego de la plantación, utilizando como herramienta clave el programa EPANET para realizar la simulación y evaluar el estado del sistema desarrollado, se optimizó en un 25.6 % los tiempos de riego por válvula logrando aprovechar de mejor manera el recurso hídrico que existe en la hacienda.
- Al verificar las condiciones en las que se encontraba el motor de riego se identificó las fallas más comunes en el equipo observando estados de suciedad, tuercas flojas, fugas de líquidos etc. Todas debido a la falta de mantenimiento preventivo. Como conclusión se estableció un plan de mantenimiento preventivo desarrollando actividades que ayuden a alargar el tiempo de vida útil del equipo y con el fin de disminuir su IPR proporcionando una mayor disposición de este, logrando prevenir fallas futuras.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a la hacienda realizar patrones de aperturas de válvulas que ayuden a mantener las presiones estables, de una manera que le reduzca tiempos en los cambios de válvulas al trabajador para que cuente con un mayor tiempo de revisión de aspersores y tuberías de riego.
- Como parte de una posible continuación del trabajo que se realizó es necesario mantener un registro preciso de las operaciones de riego, incluyendo información detallada como el horario, el orden en que se realiza el riego, la cantidad de combustible y agua utilizada, así como el operador encargado.
- Es recomendable llevar un buen control en la plantación del banano debido a que si el distanciamiento de las plantas con el aspersor es pequeño puede obstruir su operación, también puede ocasionar problemas durante la temporada de cosecha.
- Se debe realizar un estudio para la propuesta de un cambio de suministro de agua debido a los desgastes de ejes que tiene el motor de riego por la absorción de arena que realiza, también esto perjudica a la calidad de agua que se utiliza para el riego del cultivo obstruyendo aspersores.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Bestratén Belloví, M., & Orriols Ramos, R. (2004). *NTP 679: Análisis modal de fallos efectos. AMFE* . Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_679.pdf/3f2a81e3-531c-4daa-bfc2-2abd3aaba4ba
- ARNOLETTO, L. E. (2006). *Administración de la producción como ventaja competitiva*. eumed.net.
- Breña, E. A., & Valdés, Y. M. (3 de Septiembre de 2019). *Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y* . Obtenido de <http://scielo.sld.cu/http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v40n3/1680-0338-riha-40-03-41.pdf>
- CamposanoI, M. O., Espinosa, D. C., & Saraguro, M. J. (2018). *Programación del riego del banano (Musa paradisiaca) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador*. Babahoyo: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.
- Carlos , S., Carlos , S., Victor, S., & Vima, S. (s.f.). *MANUAL DEL CULTIVO DE BANANO*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/b2940530-4907-4d2f-bd02-bcd9d61c43b8/content>
- Carvajalino Cabrales, M. A. (2016). *PROCEDIMIENTO RELACIONADO: HIGIENE Y SEGURIDAD*.
- Fernando, T. C. (2014). *MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS DE RIEGO TECNIFICADO* . Obtenido de Edu.ec: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2581/1/T-UCE-0011-96.pdf>
- Garrido, S. G. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Díaz de Santos, S. A.
- Gurovich, L. A. (1985). *Fundamentos y Diseño De Sistemas de riego*. San Jose, Costa Rica: IICA.
- Jansson, R. (2014). Proper maintenance of irrigation engines is key to long-term profitability. 12-13.
- Labrada Fernández, C. (2008). *Diagnóstico de la calidad en el manejo de los sistemas de*

- riego para la gestión eficiente de una cooperativa en condiciones de agricultura urbana*. Obtenido de Repositorio digital FLACSO Ecuador:
<https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/1084>
- López A., J. (s.f.). *Ciren*. Obtenido de Ciren:
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/12308/U%200219.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Martinez, E. Z. (2004). *Diseño y evaluación del riego a presión*. San Jose: Universidad de Costa Rica.
- Ortega, L. J. (1993). *Manejo del Riego por Aspersión*. *BOLETIN TECNICO N°216*. Chile: ISSN.
- rodríguez, r. c. (s.f.). *Maquinas industriales-fichas tecnicas*. Obtenido de Academia.edu:
https://www.academia.edu/8151517/Maquinas_industriales_fichas_tecnicas
- Sacristan, F. R. (2001). *Manual del mantenimiento integral en la*. Fundación Confemetal: Madrid.
- Smith, J., Johnson, R., & Garcia, M. (2018). Improving irrigation systems: A review. *Journal of Agricultural Engineering*, 45(3).
- Stanton, W., Etzel, M., & Walker, B. (2007). *Fundamentos de MARKETING*. Mexico: Copyright.
- Tarjuelo, J. M. (1991). *EL RIEGO POR ASPERSION: DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO*. UNIVERSIDAD DE CASILLAS - LA MANCHA.
- Unidos, g. d. (2 de Diciembre de 1970). *EPA. gob*. Obtenido de EPA. gob:
<https://www.epa.gov/water-research/epanet>
- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. (s.f.). *EPANET 2.00.12 ESP*. Obtenido de IIAMA: <https://www.iiama.upv.es/iiama/es/transferencia/software/epanet-esp>

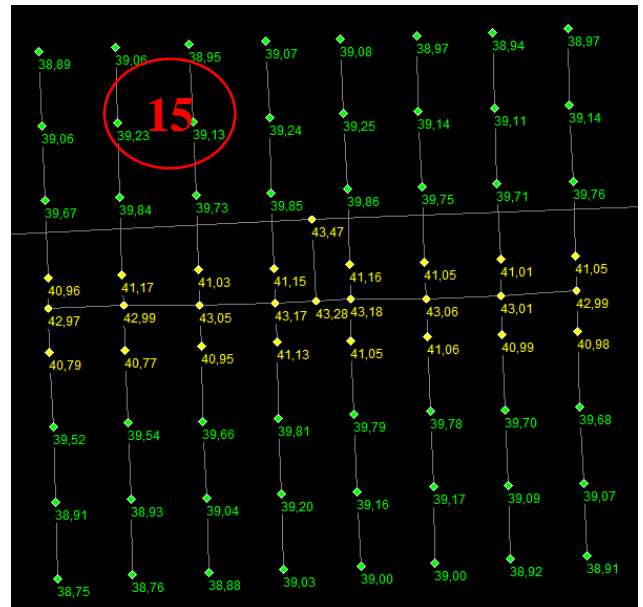
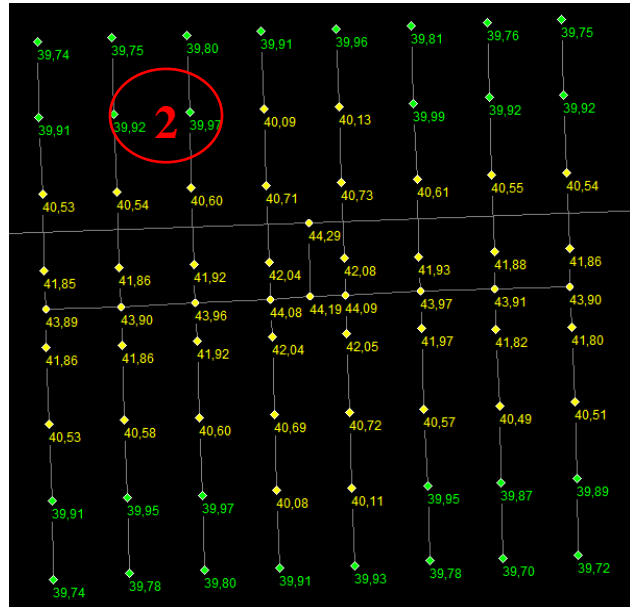
CAPITULO VII

ANEXOS

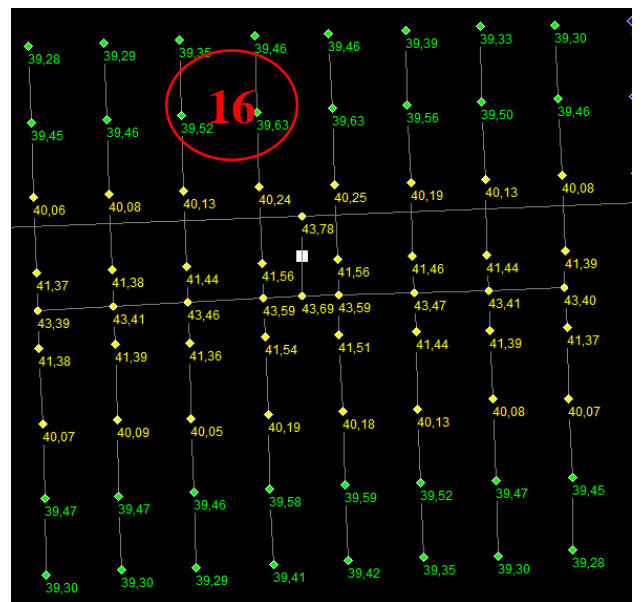
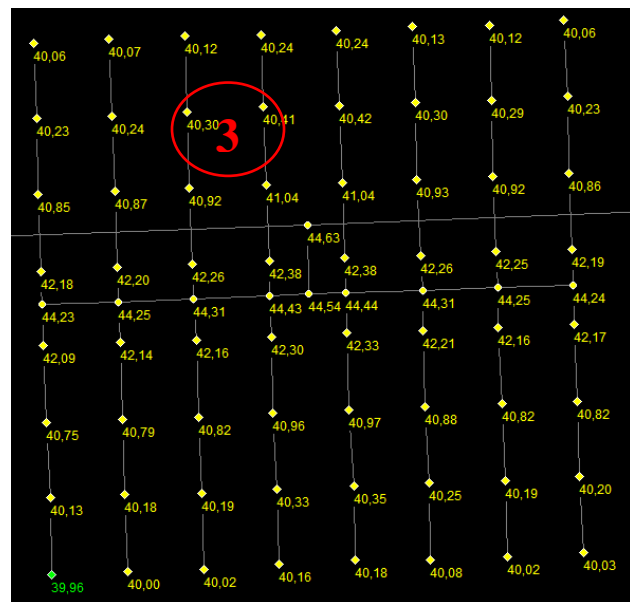
Anexo 1: Proceso de recolección de información

<p>Información de la hacienda otorgada por el ingeniero administrador.</p>	<p>Información del motor de riego otorgada por el operador.</p>
	
<p>Inspección del estado del motor</p>	<p>Inspección de aspersores</p>
	

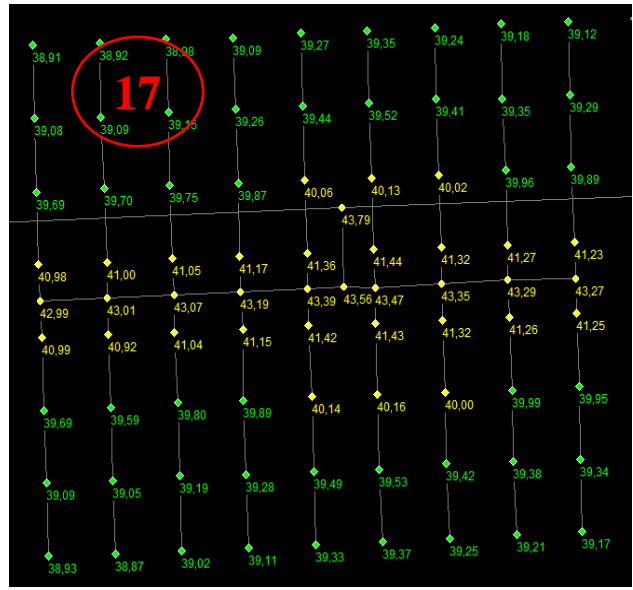
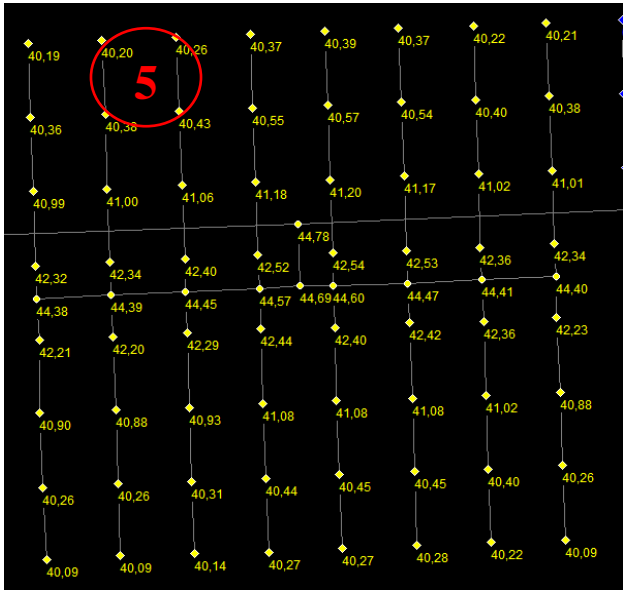
Presión de las válvulas 2 - 15



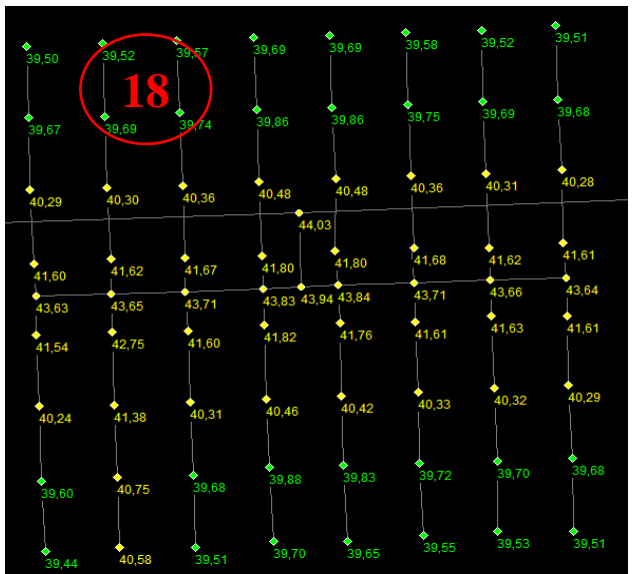
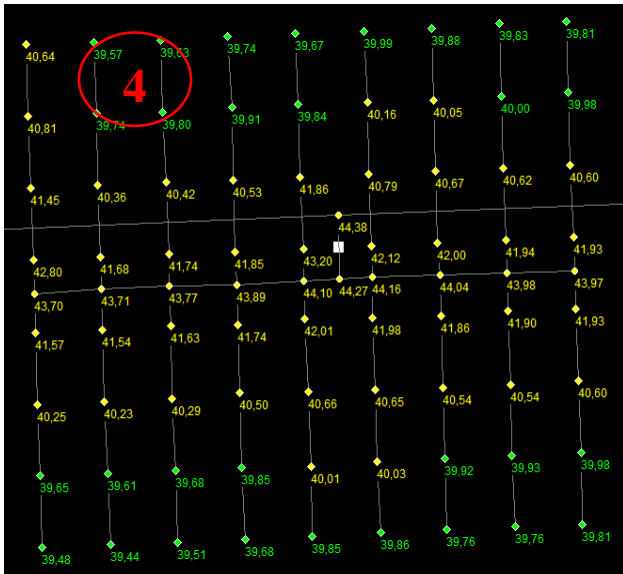
Presión de las válvulas 3 - 16



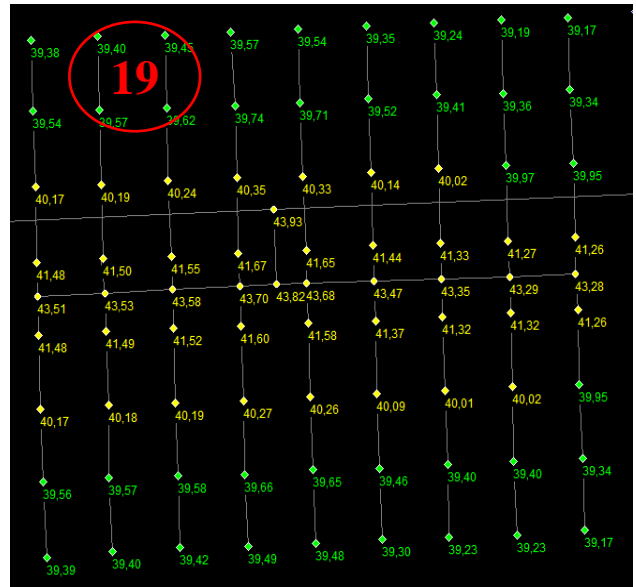
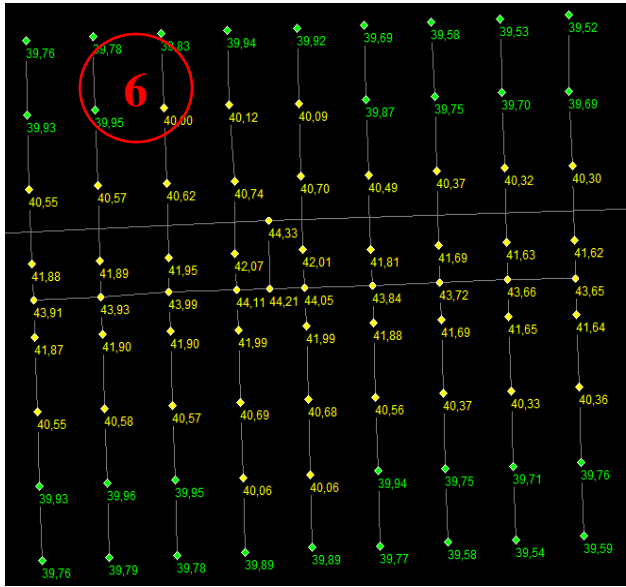
Presión de las válvulas 5 - 17



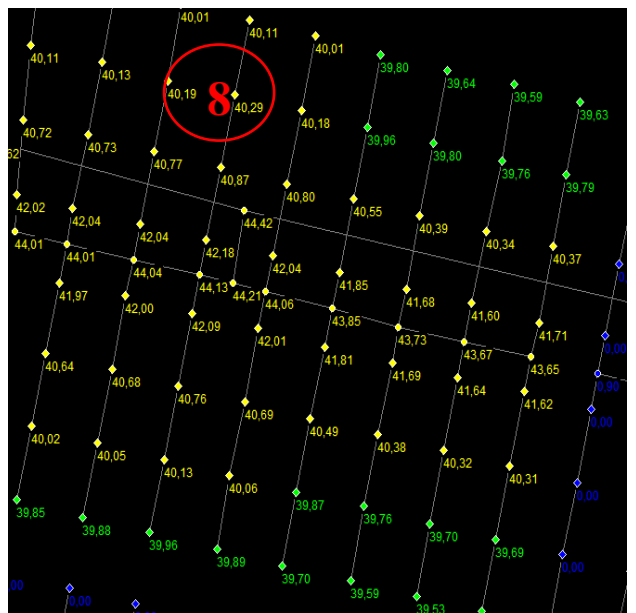
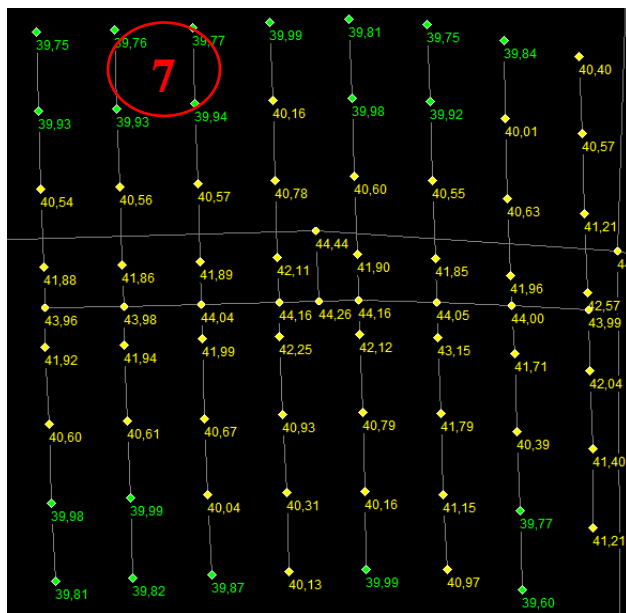
Presión de las válvulas 4 - 18



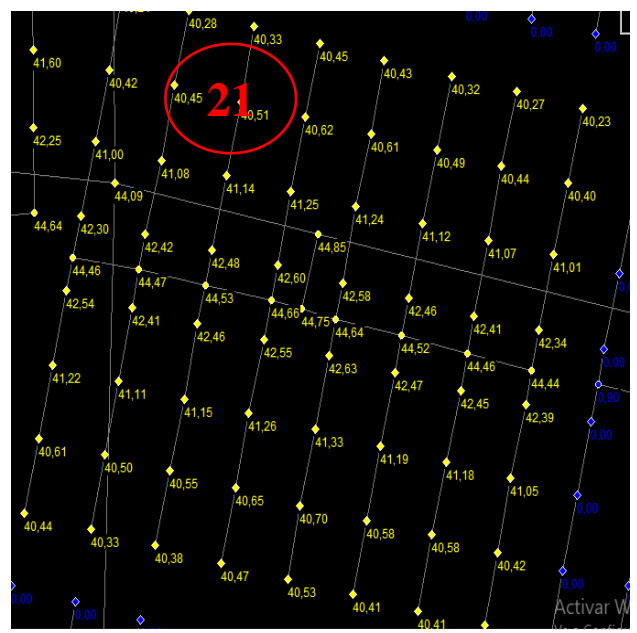
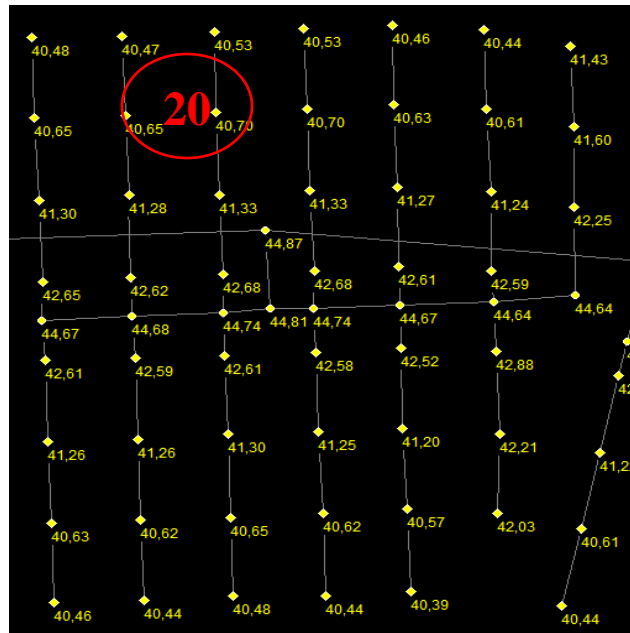
Presión de las válvulas 6 - 19



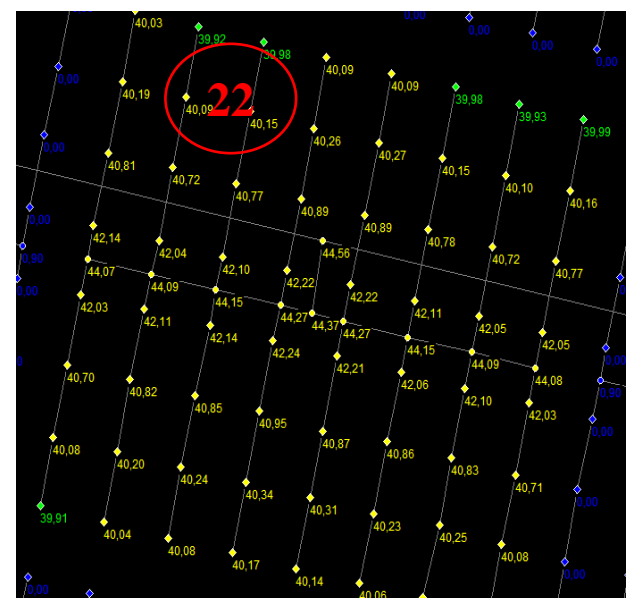
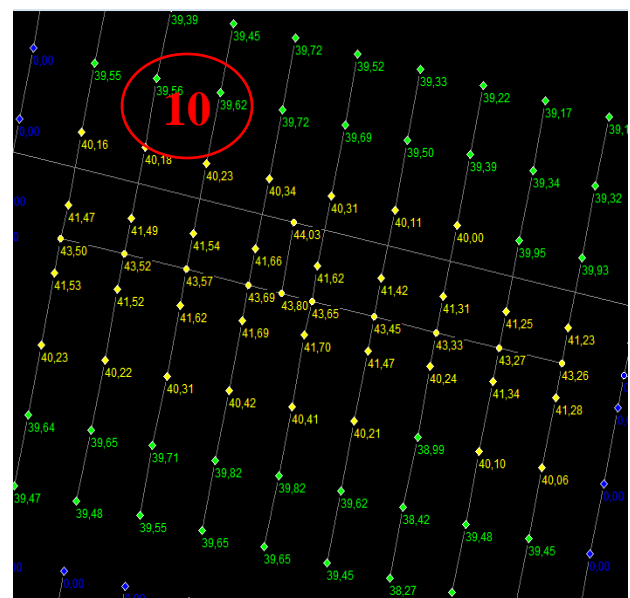
Presión de las válvulas 7 - 8



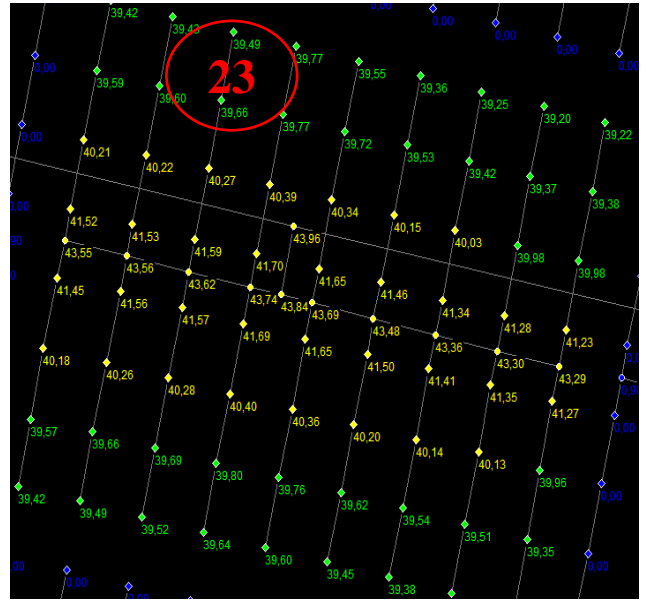
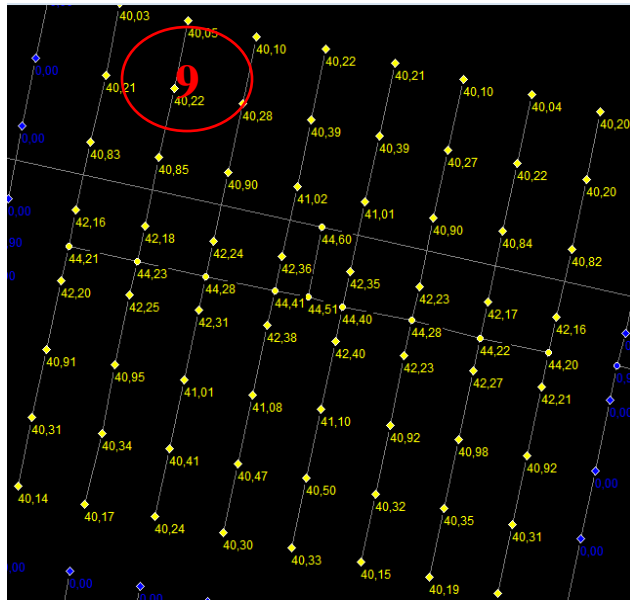
Presión de las válvulas 20 - 21



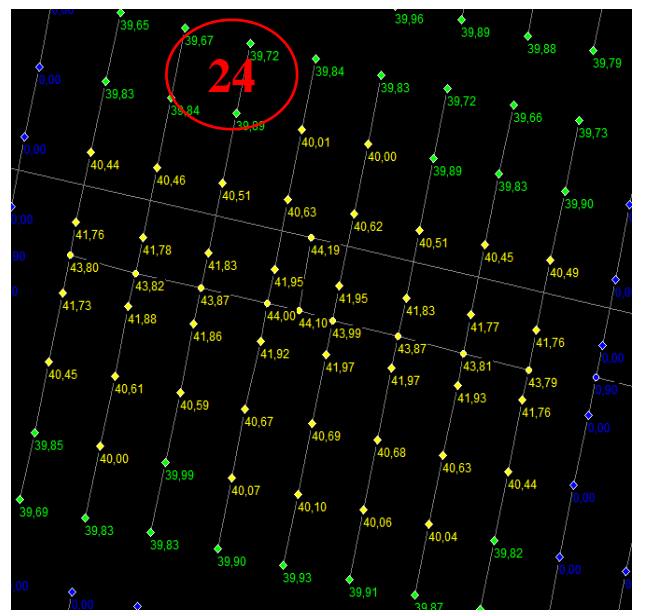
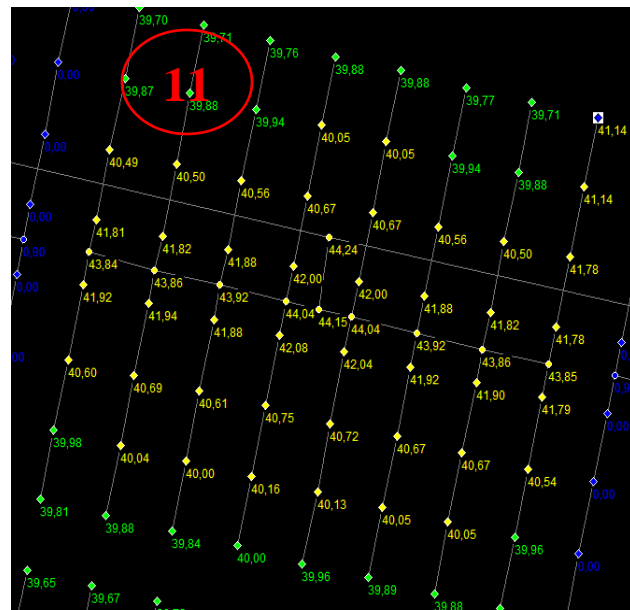
Presión de las válvulas 10 - 22



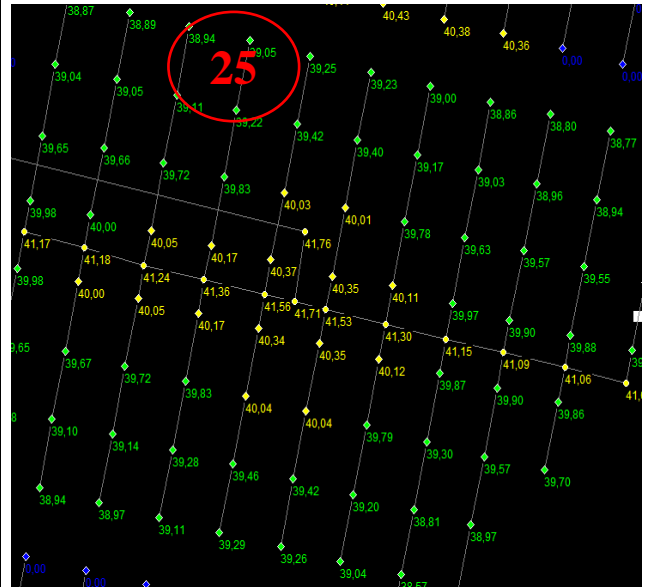
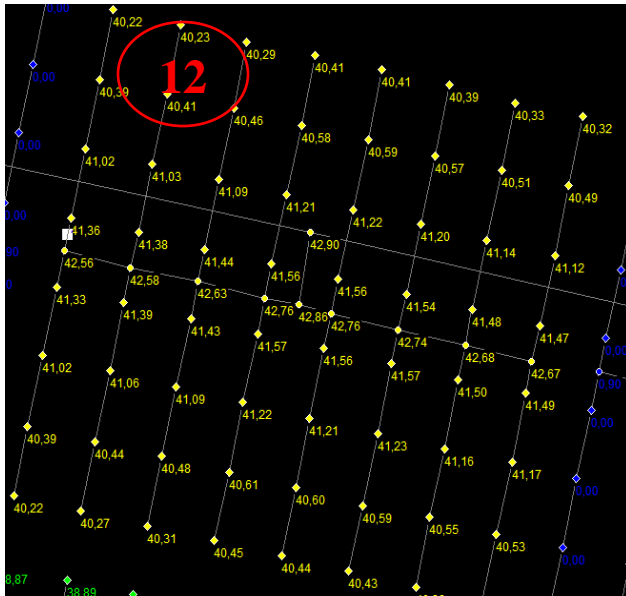
Presión de las válvulas 9 - 23



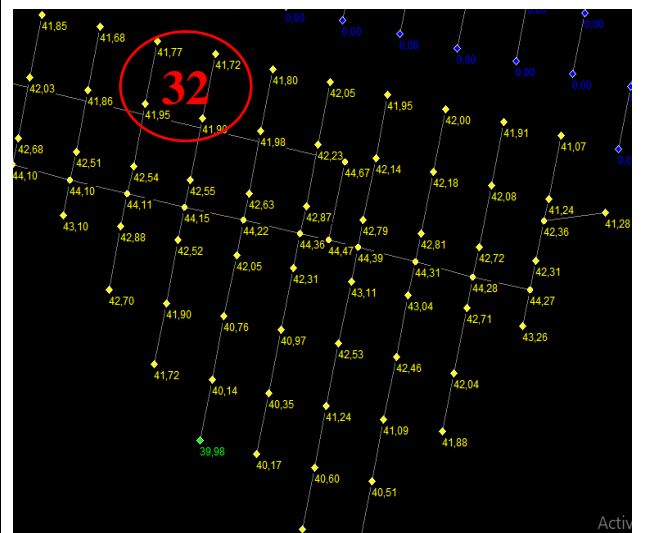
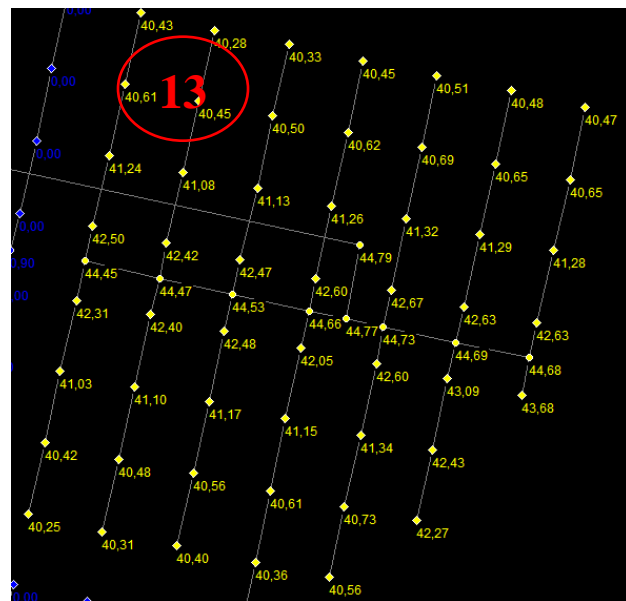
Presión de las válvulas 11 - 24



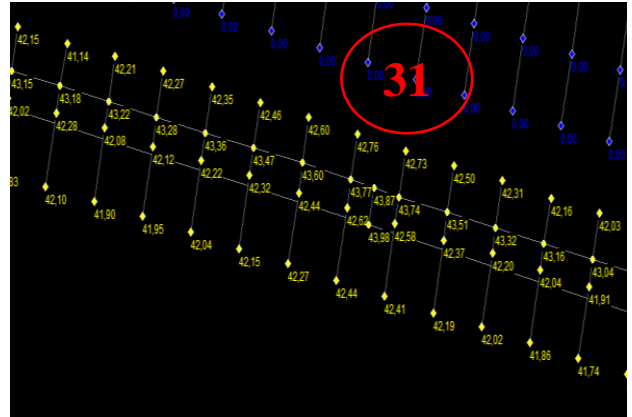
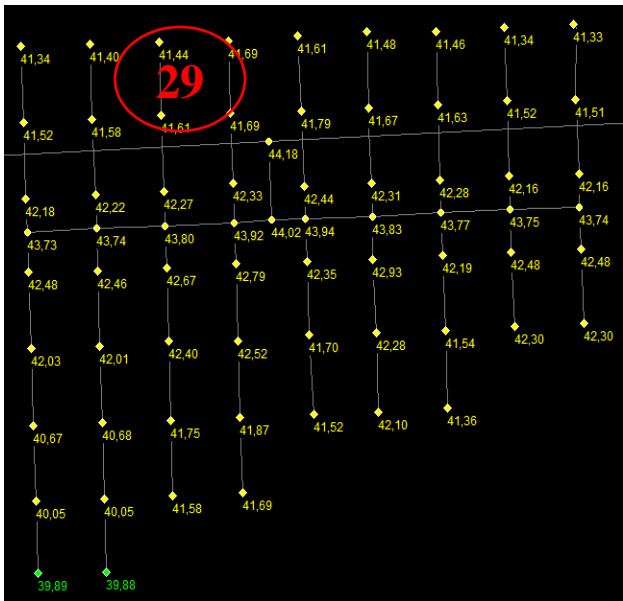
Presión de las válvulas 12 - 25



Presión de las válvulas 13 - 32



Presión de las válvulas 29 - 31



Presión de las válvulas 11 - 24

