



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**ESTUDIO TOPOGRÁFICO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SUBFOLIAR, MEDIANTE
UN MODELO HIDRÁULICO PARA DETERMINAR LOS
PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y SUPLIR LA SEQUIA EN
PLANTACIONES DE BANANO.**

Trabajo de Integración Curricular:

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES:

JEFFERSON ISRAEL BRITO VEGA

MARCO GUILLERMO TENE NARVÁEZ

Riobamba - Ecuador

2021



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MECÁNICA

**ESTUDIO TOPOGRÁFICO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SUBFOLIAR, MEDIANTE
UN MODELO HIDRÁULICO PARA DETERMINAR LOS
PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y SUPLIR LA SEQUIA EN
PLANTACIONES DE BANANO.**

Trabajo de Integración Curricular:

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: JEFFERSON ISRAEL BRITO VEGA

MARCO GUILLERMO TENE NARVÁEZ

DIRECTOR: ING. NELSON SANTIAGO CHUQUIN VASCO

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Jefferson Israel Brito Vega & Marco Guillermo Tene Narváz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Jefferson Israel Brito Vega & Marco Guillermo Tene Narváez, declaramos que el presente trabajo de integración curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de integración curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de Agosto del 2021



Jefferson Israel Brito Vega
C.I. 050405793-6



Marco Guillermo Tene Narváez
C.C. 070567359-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA

El tribunal del trabajo de integración curricular certifica que: El trabajo de integración curricular: Tipo: Proyecto Técnico, **ESTUDIO TOPOGRÁFICO, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN SUBFOLIAR, MEDIANTE UN MODELO HIDRÁULICO PARA DETERMINAR LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y SUPLIR LA SEQUIA EN PLANTACIONES DE BANANO.**, realizado por los señores: **JEFFERSON ISRAEL BRITO VEGA & MARCO GUILLERMO TENE NARVÁEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de integración curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Nuñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: EDWIN FERNANDO VITERI NUNEZ	<u>2021-08-12</u>
Ing. Nelson Santiago Chuquin Vasco DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 Firmado electrónicamente por: NELSON SANTIAGO CHUQUIN VASCO	<u>2021-08-12</u>
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: MARCO ANTONIO ORDONEZ VINAN	<u>2021-08-12</u>

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación lo dedico de manera especial a DIOS, a mis padres, hermanos, esposa e hijo y amigos. Quienes han sido mi pilar fundamental que me han acompañado en firme a pesar de las adversidades, con sus consejos y ayuda para ser de mí una persona de éxito.

A mi Padre Sr. Israel Brito y Madre Sra. María Vega quienes me han apoyado en su totalidad dentro de mi formación profesional además de sus consejos que me han llevado por el camino del bien.

Jefferson Israel Brito Vega.

El presente trabajo de titulación se lo dedico primeramente a Dios y a mis padres en especial por el amor, lucha, oraciones, perseverancia y sobre todo paciencia que han tenido para que pueda concluir con una meta más en mi vida estudiantil y profesional siendo ellos mi mayor impulso para no desistir cuando todo parecía difícil.

Gracias a cada uno de los integrantes de mi familia hermanos, sobrinos y amigos que de una u otra forma dieron ese apoyo desinteresado e incondicional para que pueda continuar en esta etapa de mi vida.

Finalmente agradezco aquellas personas que anhelan verme culminar mi carrera como mi gran amigo, hermano, y consejero, Cristóbal Tene Narváez y Héctor Tene Narváez que siempre me recordaban no solo con palabras si no con actos de su fidelidad, amor a Dios y al prójimo.

Los Amo.

Marco Tene Narváez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS, a mis padres, hermanos, esposa e hijo por ser los promotores quienes me han apoyado de manera incondicional para cumplir con este sueño de ser un profesional dentro del ámbito de la ingeniería mecánica.

De manera infinita agradecer a toda la familia que hace la ESPOCH, en especial a la escuela de Ingeniería Mecánica, a los docentes que me impartieron el conocimiento necesario dentro de todo este tiempo el cual ha sido una trayectoria llena de fortalezas y debilidades, además me ha permitido adquirir la experiencia para cumplir los diferentes retos que se puede presentar dentro de la vida profesional con responsabilidad. Finalmente agradecer al señor Miguel Pastuña por la confianza que me permitió desarrollar mi trabajo de titulación dentro de su propiedad.

Jefferson Israel Brito Vega

Un agradecimiento profundo a Dios a mis padres Víctor (+) y Enma y a mis hermanos Cristóbal, Héctor, Patricia y Enma, que han hecho todo lo posible para que yo pueda cumplir con este sueño tan anhelado de convertirme en Ing. Mecánico.

Además, quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser parte de tan distinguida institución, a cada uno de los docentes que impartieron sus conocimientos y en especial al Ing. Nelson Chuquin que a más de ser tutor del trabajo de titulación ha demostrado que para impartir conocimiento no solo basta con ser docente, sino que también hay que ser humano, gracias por escuchar, corregir y aconsejar con aquel profesionalismo, paciencia y responsabilidad que la caracteriza, así mismo agradecer al Ing. Marco Ordoñez por su comprensión, paciencia y profesionalismo.

Marco Guillermo Tene Narváez

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Antecedentes	2
1.2 Delimitación	3
1.2.1 <i>Delimitación espacial</i>	3
1.2.2 <i>Formulación del problema</i>	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	5
2.1 Sistema de bombeo	5
2.2 Bomba Centrifuga	6
2.3 Válvulas	10
2.4 Presión	11
2.4.1 <i>Manómetro</i>	12
2.5 Caudal	13
2.5.1 <i>Medidor de Caudal</i>	14
2.6 Temperatura	14
2.7 Filtros	14
2.8 Sistema Subfoliar	15
2.8.1 <i>Aspersión</i>	15

2.8.2	Plantaciones de banano	19
2.9	Topografía	20
2.9.1	<i>Medición del Terreno</i>	21
2.9.2	<i>Consideraciones básicas en topografía</i>	21
2.9.3	<i>Métodos de medición</i>	22
2.10	Qgis	22
2.11	Red de Tubería.....	22
2.11.1	<i>Epanet</i>	24
2.12	Características de los Fluidos.....	24

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO.....	29
3.1	Plantación de Banano	29
3.2	Altitud mediante Qgis.....	32
3.3	Aspersores	36
3.4	Cálculos de perdidas.....	38
3.4.1	<i>Determinamos las características del agua a 25 oC</i>	38
3.4.2	<i>Rugosidad Absoluta del PVC</i>	39
3.4.3	<i>Transformación del Caudal</i>	39
3.4.4	<i>Diámetro de Tubería</i>	39
3.4.5	<i>Cálculo del Número de Reynolds</i>	39
3.5	Epanet.....	48
3.6	Replanteo.....	50
3.7	Excavaciones	51
3.8	Adquisición de Materiales	52
3.9	Instalación	53
3.10	Fundición de Plintos	55
3.11	Embalse/Represa.....	56
3.12	Instalación de la bomba.....	57
3.13	Verificación de fugas.....	58
3.14	Protocolo y pruebas de funcionamiento	59

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
----	------------------------------	----

CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Tensión de vapor en Función de la temperatura y peso específico para el agua ..	10
Tabla 2-2:	Densidad de plantas de Banano por hectárea.	20
Tabla 3-2:	Métodos usados para la topografía.	22
Tabla 1-3:	Ubicación Geográfica.	32
Tabla 2-3:	Características del aspersor	36
Tabla 3-3:	Rango de presiones de Operación de los aspersores.	37
Tabla 4-3:	Pre diseño de los diámetros	41
Tabla 5-3:	Perdida en los tramos de tubería	42
Tabla 6-3:	Perdidas por accesorios	42
Tabla 7-3:	Condiciones Climáticas Cantón La Mana.....	45
Tabla 8-3:	Tension de Vapor	46
Tabla 9-3:	Niveles de Confianza.....	47
Tabla 10-3:	Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra.....	47
Tabla 11-3:	Lista de Materiales.	52
Tabla 12-3:	Características del Equipo de Impulsión.	57
Tabla 1-4:	Resultado de Pruebas de Funcionamiento.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Succión y descarga de una bomba	6
Figura 2-2:	Curva Característica de una Bomba	7
Figura 3-2:	Altura Piezometrica	8
Figura 4-2:	Bomba Centrifuga.....	9
Figura 5-2:	Válvula de Apertura.....	11
Figura 6-2:	Manómetro	12
Figura 7-2:	Distribución de Agua	18
Figura 8-2:	Distancia de Aspersores marco cuadrado.....	19
Figura 9-2:	Distancia de Aspersores marco Triangular	19
Figura 10-2:	Teorema de Bernoulli	25
Figura 1-3:	Antes de Construir.	29
Figura 2-3:	Planimetría.....	31
Figura 3-3:	Toma de coordenadas del terreno	32
Figura 4-3:	Coordenadas ubicadas en el área de trabajo	33
Figura 5-3:	Superficie de Trabajo.....	33
Figura 6-3:	Puntos del Área de Trabajo en QGIS.	34
Figura 7-3:	Plano Topográfico	35
Figura 1-3:	Tipo de Aspersor.....	36
Figura 9-3:	Determinación de puntos de consumo.	38
Figura 10-3:	. Selección de la bomba	44
Figura 11-3:	Análisis de Presión	49
Figura 12-3:	Análisis de caudal	50
Figura 13-3:	Replanteo del Proyecto.	51
Figura 14-3:	Excavaciones	52
Figura 15-3:	Pegamento Weld.....	54
Figura 16-3:	Tendido de Tubería.....	54
Figura 17-3:	Instalación.....	55
Figura 18-3:	Fundición de Plintos	55
Figura 19-3:	Represa.	57
Figura 20-3:	Instalación de la Bomba.....	58
Figura 21-3:	Previo a la inspección de fugas	58
Figura 22-3:	Verificación de los Parámetros de diseño	59
Figura 23-3:	Presiones del aspersor.	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Red de Distribución.....	23
Gráfico 1-3: Punto de funcionamiento.....	62

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: PLANO HIDRÁULICO

ANEXO B: REPLANTEO

ANEXO C: EXCAVACIONES

ANEXO D: MATERIALES

ANEXO E: TENDIDO DE TUBERÍA

ANEXO F: CONEXIONES

ANEXO G: FUNDICION DE PLINTOS

ANEXO H: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

ANEXO I: CASA DE MAQUINAS

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad el estudio topográfico, diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión subfoliar, mediante un modelo hidráulico para determinar los parámetros de operación y suplir la sequía en plantaciones de banano. Para la investigación se obtuvo las cotas del terreno, se realizó la topografía en el terreno de estudio para conocer los puntos de altitud de la superficie por lo que se utilizó el software Qgis, una vez realizado este procedimiento se importaron estos puntos de altitud al software Epanet en el cual se determinó la presión y caudal según las necesidades, luego de esto se procedió a realizar el plano hidráulico para así conocer las tuberías pvc con sus diferentes diámetros y poder realizar la construcción (zanjas, conexiones de tubería) en el terreno de estudio y finalmente poder realizar las pruebas de funcionamiento. En cada punto de consumo se obtuvo una presión de 15.3 mca y un caudal de 0.122 L/s, se obtuvieron datos aproximadamente igual a los que se diseñó en el software Epanet. Se concluyó que los diámetros de tubería varían desde 25mm hasta 110mm, para cumplir con los requerimientos de presión y caudal en cada punto de consumo, los aspersores requieren de una presión óptima de funcionamiento 15mca y un caudal de 0,12 LPS. Se recomienda implementar el sistema de protección de plintos, además se sugiere brindar el mantenimiento adecuado a los aspersores para evitar que se deterioren rápidamente.

Palabras Clave: <ESTUDIO TOPOGRÁFICO> <SISTEMA DE RIEGO> <ASPERSIÓN SUBFOLIAR> <MODELO HIDRÁULICO> <EPANET (SOFTWARE)>



Firmado electrónicamente por:
**HOLGER
GERMAN
RAMOS
UVIDIA**

1876-DBRA-UPT-2021

2021-10-12

SUMMARY

The purpose of this work was the topographic study, design and construction of a subfoliar sprinkler irrigation system, using a hydraulic model to determine the operating parameters and supply the drought in banana plantations. For the research, the elevations of the land were obtained, the topography was made in the study area to know the altitude points of the surface, so the Qgis software was used, once this procedure was done, these altitude points were imported to the Epanet software in which the pressure and flow were determined according to the needs, after this, the hydraulic plan was made to know the pvc pipes with their different diameters and to be able to make the construction (ditches, pipe connections) in the study area and finally to be able to perform the operation tests. At each consumption point, a pressure of 15.3 mca and a flow rate of 0.122 L/s were obtained; the data obtained were approximately equal to those designed in the Epanet software. It was concluded that the pipe diameters vary from 25mm to 110mm, to meet the pressure and flow requirements at each point of consumption, the sprinklers require an optimum operating pressure of 15mca and a flow rate of 0.12 LPS. It is recommended to implement the plinth protection system; it is also suggested to provide adequate maintenance to the sprinklers to prevent them from deteriorating quickly.

Keywords: <TOPOGRAPHIC STUDY> <IRRIGATION SYSTEM> <SPRAYING SUBFOLIAR> <HYDRAULIC MODEL> <EPANET (SOFTWARE)>

INTRODUCCIÓN

Dentro de este trabajo investigativo se determinará las cotas de la superficie de estudio mediante el software QGIS, este parámetro de cotas se introducirá en el software EPANET para desarrollar el modelo hidráulico del sistema de riego por aspersión subfoliar y así determinar los diámetros de tubería requerido para cumplir con los índices (presión y caudal) necesario en cada punto de consumo. Estos parámetros permiten que los accesorios (aspersores) funcionen de manera eficiente cumpliendo con su objetivo principal que es el de simular la lluvia y brindar humedad al suelo. Una vez determinado los diámetros requeridos de las tuberías, la capacidad del equipo de equipo bombeo, se procederá a realizar la construcción de un sistema de riego por aspersión subfoliar para banano. En la fase de construcción se inicia con el replanteo para posteriormente realizar la excavación de las líneas principales, secundarias y terciarias. Finalmente se realizará las conexiones de tuberías accesorios y válvulas, quedando nuestro sistema listo para entrar en funcionamiento.

CAPITULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El sistema de riego por aspersión, no utiliza el mismo caudal en todos los puntos de consumo dentro de un área determinada. Tiene como finalidad la aplicación del agua dentro de una superficie mediante un sistema de riego por aspersión estacionario, esto hace que el índice de las cosechas aumente ligeramente dentro de un periodo de tiempo aproximado de seis meses para cultivo de banano. El primer sistema de riego por aspersión fue de carácter único; se movía con su propia fuerza (el agua a presión), barriendo un círculo completo alrededor de un acoplamiento de tubería de agua giratoria. Este sistema de riego es aplicado a nivel de Latinoamérica, Europa, etc. (Ortiz Romero, Miranda y Peroza 2012)

El riego ha existido por miles de años en las diferentes civilizaciones para poder mantener o incrementar la producción agrícola y asegurar su alimentación durante tiempos de sequías. Este proceso se ha ido desarrollando a través del tiempo, obteniendo grandes avances hidrológicos para optimizar la distribución de agua en los cultivos. En la actualidad se dispone de dispositivos cada vez más modernos y tecnológicos para implementar en este sistema de riego, el cual puede ser automatizado para riegos nocturnos e inclusive monitoreado por dispositivos electrónicos como la telefonía móvil. El presente trabajo se trata de un sistema de riego por aspersión, método que se adapta a una gran variedad de suelos y se caracteriza por utilizar dispositivos emisores de agua o aspersores, los cuales distribuyen el agua en forma de lluvia sobre el suelo agrícola. De esta manera este sistema ayuda al suelo a que no pierda su fertilidad por lixiviación y es una buena manera para disminuir las pérdidas del agua de riego por evaporación o arrastre del viento si se toman las medidas necesarias para ello. Este método de riego es utilizado en todo el Ecuador por su alto rendimiento, y eficacia. (Belén y Stacey 2012)

Mediante una encuesta realizada el mes de septiembre del 2020 en el Cantón La Mana se determinó que a nivel local no existe ninguna empresa, casa comercial que se dedique a prestar este tipo de servicio técnico, lo cual se presenta como una excelente propuesta de emprendimiento

para brindar este tipo de facilidades técnicas a los agricultores de los diferentes cultivos de la localidad pueden ser estos bananos, cacao, orito, palma, plátano, etc. (Autores)

1.2 Delimitación

1.2.1 Delimitación espacial.

Este proyecto en primera instancia está direccionado a realizar la topografía de la superficie mediante el software QGIS y así determinar las cotas de altitud de los puntos de consumo, posteriormente se desarrollará el modelo hidráulico mediante el software EPANET para determinar los diámetros requeridos en nuestra red de tuberías, cabe recalcar que se analizarán parámetros de operación como caudal y presión en cada uno de los puntos de consumo donde estarán ubicados los aspersores. La temperatura de operación será la propia del lugar de construcción (temperatura ambiente). Se construirá para plantaciones de banano con una extensión para 1.34 hectárea (82mx164m), teniendo en cuenta que este sistema de riego por aspersión es apto para operar en superficies con pendientes no pronunciadas. Este proyecto se llevará a cabo en la agrícola bananera “SANTA ROSA” cuyo propietario es el señor Miguel Pastuña, quien además garantiza la captación del agua para el sistema de riego.

1.2.2 Formulación del problema

En el cantón La Mana provincia de Cotopaxi no existe una empresa o casa comercial que se dedique a prestar los servicios técnicos para desarrollar la topografía y construcción de un sistema de riego por aspersión subfoliar, mediante un estudio de modelo hidráulico para determinar los parámetros de operación y suplir la sequía en plantaciones de banano, frente a esta problemática los productores bananeros de esta localidad no pueden garantizar una producción continua durante las 52 semanas del año, debido a que las plantas de banano requieren parámetros necesarios de agua por su naturaleza, aproximadamente del 85 a 88 % de la planta de banano está constituido por agua, consecuencia de esto se ha generado pérdidas económicas para el país. (Autores).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. –

Desarrollar el estudio topográfico, diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión subfoliar, mediante un modelo hidráulico para determinar los parámetros de operación y suplir la sequía en plantaciones de banano.

1.3.2 *Objetivos específicos.* –

- Establecer la topografía del terreno mediante la aplicación del software QGIS para un sistema de riego por aspersión subfoliar.
- Realizar el estudio del modelo hidráulico de la red de tubería mediante el software Epanet para un sistema de riego por aspersión subfoliar
- Desarrollar la construcción de un sistema de riego por aspersión subfoliar para banano.
- Protocolo y pruebas de funcionamiento (verificación de caudal y presión en puntos de consumo)

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo consiste en un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos.(Blanco, Veladre y Fernandez 1994)

Un sistema de bombeo se define como un conjunto de elementos tanto mecánicos como eléctricos, de combustión, etc..., el fluido adquiere energía en forma de presión o de velocidad, y de esta forma cumple las especificaciones de caudal y presión que son necesarias en los diferentes procesos o aplicaciones que tienen estos sistemas de riego. (Quiroz Frias 2016)

El Sistema de bombeo es un dispositivo mecánico diseñado para impulsar agua de un lugar a otro aplicando cierta presión y velocidad, gracias a esto se logra transportar el agua en contra de la gravedad.(Morera 2019, pag 32)

Las bombas son los elementos de la instalación que suministran el caudal de agua necesario a la presión adecuada. Normalmente se utilizan bombas hidráulicas accionadas por motores eléctricos o motores de combustión interna. En la mayoría de los casos las bombas hidráulicas actúan en dos fases: aspiración e impulsión.

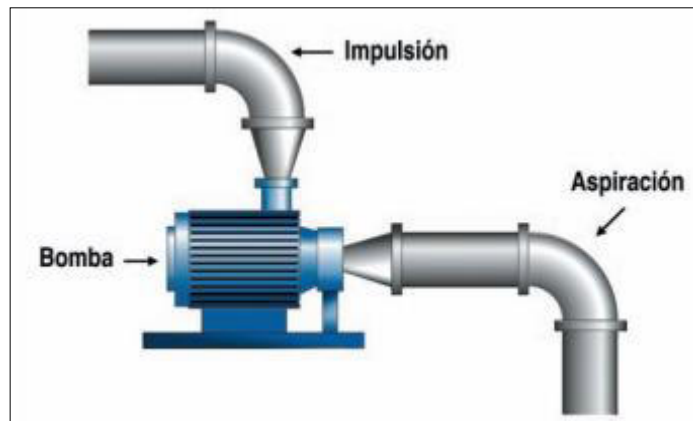


Figura 1-2: Succión y descarga de una bomba

Fuente: (Fernandez Gomez)

En la fase de aspiración el agua se eleva desde su nivel hasta el eje de la bomba, siendo conducida por la tubería de aspiración en la que la bomba realiza el vacío con el fin de que el agua suba por ella. Se recomienda que la altura existente entre el nivel del agua aspirada y el centro o eje de la bomba, denominada altura geométrica de aspiración (H_a), no sea superior a 7 metros.

En la fase de impulsión el agua es conducida desde la bomba hasta su destino final, mediante la tubería de impulsión. La bomba debe elevar el agua hasta el punto más alto de la instalación y además darle la presión necesaria para que salga por los emisores. (Fernández Gomez 2010, pag 10)

2.2 Bomba Centrífuga

Para el propósito de este proyecto, es aquella máquina que incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un elemento rotante, aprovechando la acción de la fuerza centrífuga, y transformándola a energía potencial a consecuencia del cambio de sección transversal por donde circula el fluido en la parte estática, la cual tiene forma de voluta y/o difusor. (Normas 1971)

➤ Selección de la Bomba.

El primer factor a tomar en cuenta es el tipo de fluido que se va a manejar, no es lo mismo instalar una Bomba para el suministro de agua que una para transportar ácidos o sustancias corrosivas, los materiales constructivos de la bomba varían según su aplicación (Jaime y Arroyo 1955). Existen también algunas series para aplicaciones específicas como las empleadas en piscinas o piletas y las de pozos profundos. La curva característica de una bomba describe la relación entre la altura manométrica (caída de presión) y el caudal, datos que permiten escoger la bomba más adecuada para cada instalación. La altura manométrica de una bomba es una

magnitud, expresable también como presión, que permite valorar la energía suministrada al fluido, es decir, se trata de la caída de presión que debe de vencer la bomba para que el fluido circule según condiciones de diseño. (Martín Reina 2012).

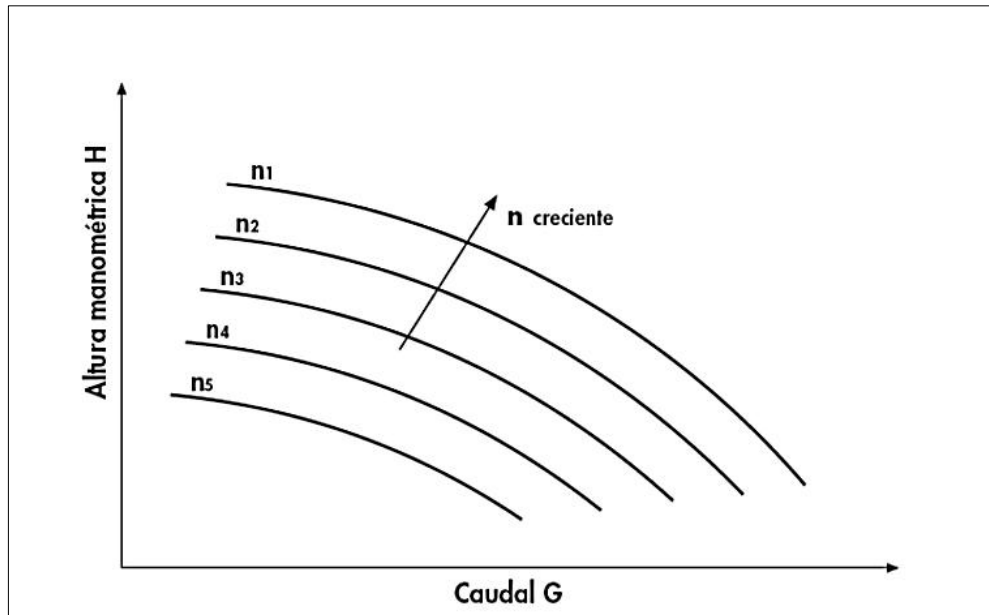


Figura 2-2: Curva Característica de una Bomba

Realizado por: Martín Reina, 2012

Los parámetros para seleccionar el equipo de bombeo son:

a. Curvas características para seleccionar una bomba: Según lo citado por (Morera 2019) las curvas de las bombas son presentaciones gráficas que relacionan la presión, el caudal y el rendimiento de las mismas; en algunos casos se agrega información sobre la potencia requerida y la altura de succión.

b. Curva Presión – Caudal: En esta curva se representa en el eje “y” la presión total que genera la bomba y en el eje “x” el caudal, las unidades de presión generalmente son metros de columna de agua como libra por pulgada² (psi) y las de caudal litros por minuto (l/min), galones por minuto (gpm) y metros cúbicos por minuto (m³/min). Esta curva tiene pendiente negativa, indicando la relación inversa que existe entre presión y caudal. Estas curvas se presentan para diferentes diámetros de impulsor.

c. Curva Caudal – Potencia: Esta curva relaciona el caudal elevado con la potencia que consume la bomba. La menor potencia se consume con el caudal mínimo. En grandes equipos de bombeo, para disminuir el consumo de energía los equipos parten con las válvulas cerradas y las abren poco a poco. d. Curvas de eficiencia: Las curvas de eficiencia normalmente se trazan sobre las

curvas de caudal contra potencia, naturalmente que esta curva es muy importante ya que a mayor eficiencia significa menor consumo de combustible o energía eléctrica para conseguir un mismo efecto.(Morera 2019,pag 32)

➤ Altura piezometrica

Si en un tubo por el que circula agua a presión se aplican a las paredes tubos piezométricos verticales, el agua se eleva en cada uno de ellos a una altura piezométrica en metros igual a P/γ , siendo P la presión en kilogramos por centímetro cuadrado en el interior de la tubería e γ el peso específico del agua (1 000 kg/m³). Es igual a la cota más la presión manométrica.

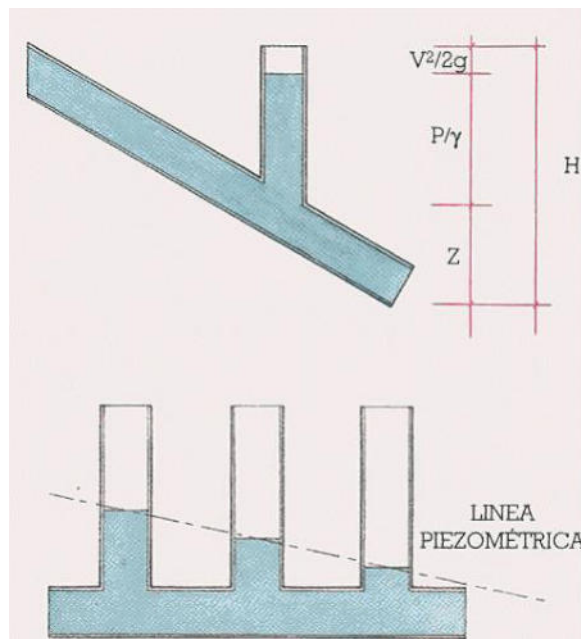


Figura 3-2: Altura Piezometrica

Realizado por: (Atrium, Grupo y Oceano ,2008)

➤ Cota

Se conoce como cota a un valor numérico en cualquier punto de la tierra que cumple la función de mostrar la altura sobre un plano de nivel como puede ser el nivel del mar. Autores.

➤ Rendimiento de una Bomba

Cuando un líquido fluye a través de una bomba, sólo parte de la energía comunicada por el eje impulsor es transferida al fluido. Existe fricción en los cojinetes y juntas, y no todo el líquido que atraviesa la bomba recibe de forma efectiva la acción del impulsor, y existe una pérdida de energía importante debido a la fricción del fluido. Esta pérdida tiene varias componentes:

Rendimiento del motor (η_{motor}): Cuantifica las pérdidas energéticas en el motor eléctrico, se obtiene la relación entre la potencia eléctrica consumida y la potencia en el eje. (Martín Reina 2012)

Rendimiento volumétrico u orgánico ($\eta_{orgánico}$): Son pérdidas ocasionadas por el rozamiento del eje con los prensaestopas, los cojinetes o el fluido en las holguras entre el rodete y la carcasa. Todo esto hace que la potencia que se necesita suministrar en el eje de la bomba sea mayor.

Rendimiento volumétrico ($\eta_{volumétrico}$): en teoría, una bomba suministra una cantidad de fluido igual al caudal que mueve. En realidad, el caudal desplazado siempre suele ser menor, debido a fugas internas. A medida que aumenta la presión, las fugas también aumentan, y por lo tanto el rendimiento volumétrico disminuye. (Martín Reina 2012)

Rendimiento hidráulico o manométrico ($\eta_{hidráulico}$): Es la relación entre la energía entregada en el eje de la turbina y la hidráulica absorbida por el rodete. Suelen estar asociadas a pérdidas por rozamiento, y cambios de dirección. (Martín Reina 2012)

➤ Potencia de una Bomba.

- Potencia Entregada al Fluido P_4 (potencia teórica o útil) P_u

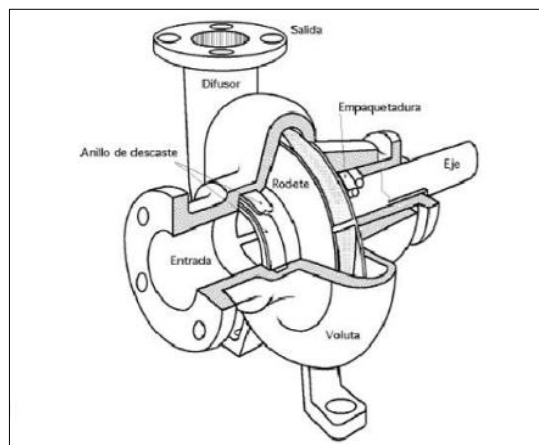


Figura 4-2: Bomba Centrífuga.

Realizado por: Wikipédia

La potencia entregada al fluido viene determinada por la siguiente expresión:

$$P_{fluido}(w) = \gamma QH$$

El peso específico del fluido (9810 N/m^3 para el agua), y Q (m^3/s), H (mca) el caudal y la altura requerida para la bomba respectivamente.

➤ CONDICIÓN DE NO CAVITACIÓN

NPSH disponible \geq NPSH requerido + 1m

El NPSHd depende de la instalación (tramo superficie líquido y aspiración):

$$NPSHd = \frac{P_{asp}}{\gamma} - \Delta Z_{asp} - T_v - h_{asp}$$

$\frac{P_{asp}}{\gamma}$: presión en aspiración (presión absoluta atm=10.33 mca)

ΔZ_{asp} : desnivel geométrico (hg) (>0 si el deposito esta debajo del eje de la bomba)

T_v : Tensión de vapor del fluido (20 °C; $T_v=0.24$ mca)

h_{asp} : pérdidas de carga en aspiración (tubería y accesorios)

$NPSH_{disponible}$: *Altura neta positiva disponible*

$NPSH_{Requerida}$: *Altura neta positiva disponible*

Tabla 1-2: Tensión de vapor en Función de la temperatura y peso específico para el agua

Tv kg/cm2	γ kg/cm3	t °c	Tv kg/cm2	γ kg/cm3	t °c	Tv kg/cm2	γ kg/cm3
0,0062	0,9998	92	0,771	0,964	122	2,1561	0,9414
0,0125	0,9996	94	0,8307	0,9625	124	2,2947	0,9398
0,0238	0,9982	96	0,8942	0,9611	126	2,4404	0,9381
0,0432	0,9955	98	0,9616	0,9596	128	2,5935	0,9365
0,0752	0,9921	100	1,0332	0,9583	130	2,7544	0,9348
0,1258	0,988	102	1,1092	0,9568	135	3,192	0,9305
0,2031	0,9831	104	1,1898	0,9554	140	3,685	0,926
0,3177	0,9777	106	1,2751	0,954	145	4,237	0,9216
0,3931	0,9748	108	1,3654	0,9525	150	4,854	0,9169
0,4829	0,9718	110	1,4609	0,951	155	5,54	0,9121
0,5234	0,9693	112	1,5618	0,9495	160	6,302	0,9073
0,5667	0,9705	114	1,6684	0,9479	165	7,146	0,9023
0,6129	0,968	116	1,7809	0,9464	170	8,076	0,8973
0,6623	0,9667	118	1,8995	0,9448	175	9,101	0,892
0,7149	0,9653	120	2,0245	0,9431	180	10,225	0,8869

Fuente: Blogger Ingeniería Mecánica, 2015

2.3 Válvulas

Las válvulas son los guardianes de un sistema de riego de precisión, controlan el flujo de agua en todo momento, regulan la presión y el caudal, y aseguran un funcionamiento óptimo y cultivos uniformes. Los tipos de válvulas de riego tienen un rol clave en el diseño de las instalaciones hidráulicas. Utilizar válvulas de riego, como por ejemplo las válvulas hidráulicas, permite

solventar gran variedad de funciones de control, regulación y seguridad, generalmente necesarias en todas las redes hidráulicas.(NETAFIM 2019)

- Válvula de Pie
- Válvula de bola
- Ventosa

La válvula de apertura y cierre (bien sea de mariposa, bola o compuerta) permite aislar el resto de la red de distribución en los casos en que sea necesario, se puede decir que cuando es necesario sustituir algún elemento en caso de avería, cuando se produce alguna rotura en las tuberías u ocurre algún otro problema técnico.



Figura 5-2: Válvula de Apertura

Realizado por: (Fernandez Gomez 2010)

2.4 Presión

La presión inicia la relación entre una fuerza aplicada y el área sobre la cual actúa. En cualquier caso, en que exista presión, una fuerza actuará en forma perpendicular sobre una superficie.

La presión es igual de importante que el caudal, es la base que proporciona movimiento al caudal, de forma que, a mayor presión, mayor caudal.

Se tiene en cuenta que cada elemento de riego proporciona una pérdida de presión, ya sean los cambios de sentido, las piezas y valvulería, los goteros, los aspersores, etc. Para tener una mejor idea la presión mínima según un sistema de riego va en orden ascendente según esta clasificación. (Agriculturers 2015)

$$p = \frac{F}{A}$$

Ec. 1

$P = \text{presion [pascales]}$

$F = \text{fuerza [N]}$

$A = \text{Area [m}^2\text{]}$

Los sistemas de riego localizado y aspersión están basados en la conducción del agua desde un punto de almacenamiento hasta los emisores, discurriendo durante todo el trazado o red de distribución dentro de unas tuberías cerradas. Para que el agua llegue a todos los puntos de emisión, es preciso que circule con una determinada presión. Con la finalidad de superar la diferencia de altura a la que esté situada la parcela, vencer el rozamiento con las paredes de las tuberías y los distintos elementos que componen el sistema (uniones, codos, tés, válvulas, reguladores, etc.) y hacer funcionar correctamente los emisores. (Fernandez Gomez 2010, pag 8.)

2.4.1 Manómetro

El manómetro, o tubo de Bourbon, ha sido el equipo más utilizado para la medición de presión. Los medidores de presión, también conocidos como manómetros, se usan para detectar e indicar la presión física de líquidos y gases. En la mayoría de los casos se mide la presión relativa, comparada a la presión atmosférica. También miden la presión absoluta, la presión diferencial y la depresión. Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, presión manométrica. (Machuca-martinez 2010)

La presión suele medirse utilizando manómetros, bien instalados permanentemente en el punto de medida o bien colocándolos puntualmente en los lugares deseados mediante la denominada toma manométrica. Una forma muy práctica de medir la presión con la que el agua sale por los aspersores es colocando un manómetro en la boquilla o boquillas. La lectura del manómetro indicará si el aspersor está funcionando a la presión adecuada y, en consecuencia, está aplicando el agua según lo deseado. (Fernandez Gomez 2010, pag 8.)



Figura 6-2: Manómetro

Realizado por: (Fernandez Gomez 2010)

2.5 Caudal

El caudal es la cantidad de sustancia que pasa en una unidad de tiempo en una sección de área A ". Aplicada al mundo de riego, esta definición general se convierte en: la cantidad de agua que la fuente hídrica es capaz de proporcionar de forma constante, suficiente para responder a las necesidades del cultivo (Extendido 2012).

El caudal se mide en litros por minuto o en metros cúbicos por hora. (Es fundamental saber que mientras menor es el diámetro del tubo, menor será el caudal que se distribuirá a las plantas)

El caudal es la cantidad de agua que un aspersor puede distribuir trabajando a una cierta presión. Se mide en l/min o en m³/hora de trabajo.(Sab 2020)

Volumen que pasa por una sección de un conducto en una unidad de tiempo.

$$Q = \frac{vol}{tiempo} \quad Ec. 2.$$

$$de\ donde \quad vol = Area \times longitud \quad Ec. 3.$$

$$Q = \frac{Area \times longitud}{tiempo} \quad Ec. 4$$

$$de\ donde \quad velocidad = \frac{longitud}{tiempo} \quad Ec. 5.$$

$$Q = velocidad \times Area$$

$$Q = v A \quad Ec. 6.$$

La masa de un fluido que pasa por la sección de un conducto, por unidad de tiempo, permanece constante.

$$\frac{masa}{t} = \frac{\rho vol}{t} = \rho Q = constante$$

$$Q = Q_1 = Q_2 \dots \dots Q_n = constante$$

En función del área y de la velocidad se tiene.

$$v_1A_1 = v_2A_2 \dots \dots \dots = v_nA_n = \textit{constante}$$

No es habitual que el agricultor mida el caudal instantáneo de agua que circula por sus conducciones. En general, el caudal sólo se mide en grandes instalaciones o puestos de control de zonas regables para llevar un control del funcionamiento de la red. Para realizar estas medidas, suelen emplearse caudalímetros electromagnéticos y de ultrasonidos, muy precisos pero caros, cuyo uso sólo se justifica en los casos mencionados. Sin embargo, es preciso y muy útil que el agricultor mida el volumen de agua que ha pasado por ciertos lugares de la red y tener así control del agua aplicada con el riego. Para ello, lo más habitual es instalar contadores volumétricos. (Fernandez Gomez 2010, pag 7.)

2.5.1 Medidor de Caudal

La medida del caudal consiste en la determinación del volumen de un fluido que circula por una conducción por unidad de tiempo. Entender y elegir adecuadamente el medidor de caudal es necesario para llevar a cabo un buen funcionamiento en el sistema de riego.

Conocer el caudal que llega es de vital importancia para conocer los volúmenes de aguas a transportar. Por ello se suelen instalar instrumentos que miden este parámetro a la entrada y/o salida de las distintas fases de la instalación. (Nuevo 2016)

2.6 Temperatura

Efectivamente, la temperatura del agua de riego óptima debe encontrarse entre los 20⁰C y 23⁰C. Temperaturas por debajo y por encima de este rango, tendrán incidencias negativas en el desarrollo de la planta. Una temperatura del agua de riego inadecuada se traducirá a una alteración de diversas funciones vitales. (Verdes 2020)

2.7 Filtros

Diseñado para proteger a la bomba de impulsión de cuerpos extraños, basuras y suciedad sólida suspendida en el agua. Se conecta sumergido en un río, embalse, lago, pozo, a la aspiración de la bomba. Toda el agua que aspira la bomba pasa a través del pre filtro y las partículas gruesas de suciedad quedan retenidas por una resistente malla de acero inoxidable. Esto impide el paso de

materia que podría llegar a dañar las bombas o filtros de riego que vienen a continuación.(Traxco 2012)

2.8 Sistema Subfoliar

El Riego Subfoliar es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia, es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar. (Universo 2016)

2.8.1 *Aspersión*

El riego por aspersión es un sistema que consiste principalmente en la distribución del agua en forma de lluvia sobre el suelo agrícola, para esto se utilizan dispositivos emisores de agua, también conocidos como aspersores, los cuales generan un chorro de agua pulverizada que llega al terreno de forma uniforme y en círculos (Del y Practico 2000). Estas superficies mojadas dependen de los tamaños de los diámetros de los aspersores que se utilicen en el sistema de riego. El agua puede ser expulsada por medio de los aspersores debido a que está dotada de presión, gracias a un sistema de bombeo. Además, la longitud de la red de tuberías que transportan el agua por el terreno hacia los aspersores depende de las dimensiones y de la disposición de los aspersores dentro de la parcela que se va a regar, por lo tanto, la ubicación de estos dispositivos en el terreno se realiza de manera que se tenga cubierto de forma más homogénea todo el cultivo.(Belén y Stacey 2012)

El riego por aspersión es un método en el cual una red de riego permite conducir el agua con la presión adecuada hasta los elementos encargados de aplicarla, los aspersores. La red de distribución del agua está formada por conducciones cerradas que llevan el agua a presión hasta los aspersores; el agua sale de ellos a gran velocidad y cae en forma de lluvia sobre el terreno, donde se infiltrará pasando desde la superficie del suelo hasta capas cada vez más profundas, quedando así a disposición del cultivo. La cantidad de agua que se infiltra, será más o menos homogénea según sean las características físicas del suelo y las propias características de funcionamiento de los aspersores.(Fernandez Gomez 2010)

Una vez que el agua ha salido por el aspersor queda fuera de control y a merced de las condiciones climáticas. El viento es el elemento que tiene mayor influencia en la distorsión del chorro de agua pulverizada haciendo que el agua se distribuya irregularmente sobre el suelo, lo que repercute disminuyendo la uniformidad de aplicación del agua y por tanto el desarrollo homogéneo del

cultivo. También influye en la cantidad de agua que llega al suelo la evaporación directa en situaciones de ambiente muy cálido y seco, ya que las gotas de agua pueden evaporarse antes de llegar a caer al suelo. Aunque estas pérdidas de agua no suelen ser muy importantes, es conveniente tener en cuenta el tamaño de la gota puesto que cuando son muy pequeñas se evaporan fácilmente. Las pérdidas por evaporación afectan más a la uniformidad de aplicación que al rendimiento del sistema de riego.(Fernandez Gomez 2010)

Ventajas de la aspersión

- Permite regar terrenos ondulados o poco uniformes sin necesidad de una nivelación o preparación previa del mismo, al contrario de lo que ocurre en riego por superficie.
- Se aprovecha más la superficie de cultivo ya que no hay que destinar parte del suelo a canales y acequias. Además, el riego por aspersión puede ser utilizado en una gran variedad de suelos, incluso en aquellos muy ligeros o de textura arenosa que exigen riegos cortos y frecuentes.
- Es un método de riego que se adapta muy bien a las primeras fases de desarrollo de los cultivos, sobre todo durante la germinación de las semillas, donde son necesarios riegos ligeros pero frecuentes. También es un método muy útil para dar riegos de socorro y especialmente eficaz en la lucha contra heladas.
- Es el método de riego ideal para realizar un lavado de sales, ya que tienden a desplazarse junto con el agua hasta capas profundas del suelo quedando fuera del alcance de las raíces.
- Hay una mayor posibilidad de mecanización de los cultivos, ya que se eliminan los obstáculos propios del riego por superficie. Únicamente en el caso de sistemas con tuberías en superficie durante la campaña de riegos dificultaría esta mecanización.
- Posibilita la aplicación junto con el agua de riego de sustancias fertilizantes y algunos tratamientos químicos y permite cierto grado de automatización.
- Se adapta a la rotación de los cultivos, siempre y cuando el diseño de la red de distribución se realice para el cultivo que tenga mayores necesidades de agua.

Desventajas de la aspersión

- El principal inconveniente del riego por aspersión es de carácter económico. Dependiendo del tipo de sistema que se implante podrá hacer falta una gran inversión inicial y/o de mantenimiento. A esto hay que añadirle el alto coste energético que supone el funcionamiento de la instalación, al necesitar importantes sistemas de bombeo para dotar a la red de la presión adecuada.
- El aporte de agua en forma de lluvia puede tener efectos negativos sobre algunos cultivos, ya que al humedecerse la parte aérea del cultivo aumenta el riesgo de desarrollo de enfermedades.
- El viento dificulta el reparto uniforme del agua haciendo disminuir la uniformidad de aplicación y la eficiencia del sistema de riego.
- Algunos cultivos pueden sufrir quemaduras en las hojas en mayor o menor grado dependiendo de la sensibilidad del cultivo y de la calidad del agua de riego, puesto que al evaporarse las sales pueden quedar concentradas en exceso.

Tipos de Aspersores

Según el mecanismo de giro se clasifican en:

Aspersores de impacto: Son los más utilizados en agricultura. El giro se consigue mediante el impulso del chorro del agua sobre un brazo oscilante que se desplaza y vuelve a su posición inicial gracias a un muelle recuperador. Cuando el brazo vuelve a su posición original, golpea el cuerpo del aspersor provocando un ligero giro del mismo. La velocidad de giro es relativamente pequeña, por lo que se les considera aspersores de giro lento. Los aspersores de impacto pueden disponer de una o varias boquillas, una de las cuales, denominada boquilla motriz, produce el chorro que impacta sobre el brazo móvil.

Aspersores de turbina o engranaje: Su giro es continuo empleando la presión del agua a su paso por un mecanismo de engranajes que va unido al cuerpo del aspersor. En general son aspersores de gran tamaño que trabajan con altas presiones y suministran caudales elevados. Su uso está bastante limitado en agricultura, estando más difundidos en jardinería.

Aspersores rotativos o de reacción: Poseen una o varias boquillas orientadas de forma que la reacción al cambio de dirección del movimiento del agua produce la rotación del aspersor. Su uso es muy frecuente en jardinería, horticultura, viveros, etc. pero no son utilizados en agricultura extensiva.

Distribución del agua sobre el suelo

El proceso de distribución del agua aplicada por cada aspersor no es uniforme en toda la superficie regada por él, sino que la cantidad de agua que cae en cada sitio varía en función de la distancia al aspersor. En general, la zona más próxima al aspersor recibe más cantidad de agua, disminuyendo a medida que aumenta la distancia. Cada tipo de aspersor origina una distribución del agua que depende principalmente del tamaño de la boquilla, de la dispersión del chorro del agua, de la presión de trabajo y de las condiciones de viento. La presión afecta de tal manera que cuando es demasiado baja, las gotas son demasiados grandes y la distribución es muy poco uniforme. Cuando la presión es demasiado alta, el agua se pulveriza en gotas muy finas y caen muy cerca del aspersor.

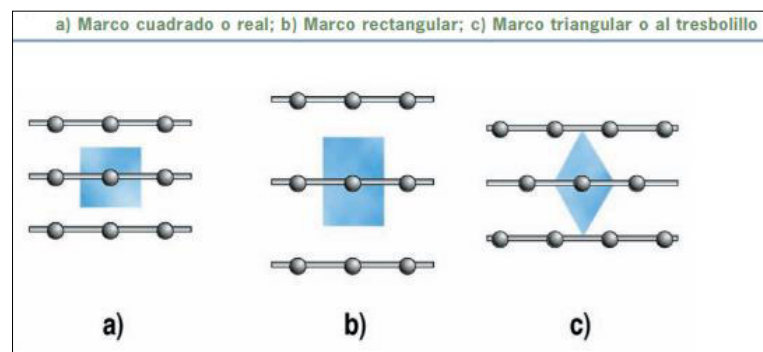


Figura 7-2: Distribución de Agua

Realizado por: (Fernandez Gomez 2010)

Para lograr una mayor uniformidad de aplicación de la lluvia provocada por los aspersores es necesario que exista un solape de las superficies regadas por los aspersores cercanos entre sí. Por esta razón, la elección del marco de riego es fundamental. Los marcos de riego más habituales son: marco cuadrado o real, en rectángulo y en triángulo o tresbolillo. Los siguientes valores de separación entre aspersores y ramales de aspersión son los más recomendados para cada tipo de marco de riego: En disposiciones o marcos en cuadrado y triangular (tresbolillo), la separación entre los aspersores y ramales de aspersión debe ser el 60% del diámetro mojado.

En disposiciones o marcos rectangulares la separación entre ramales debe ser el 75% del diámetro mojado y el 40% del diámetro entre aspersores de un ramal.

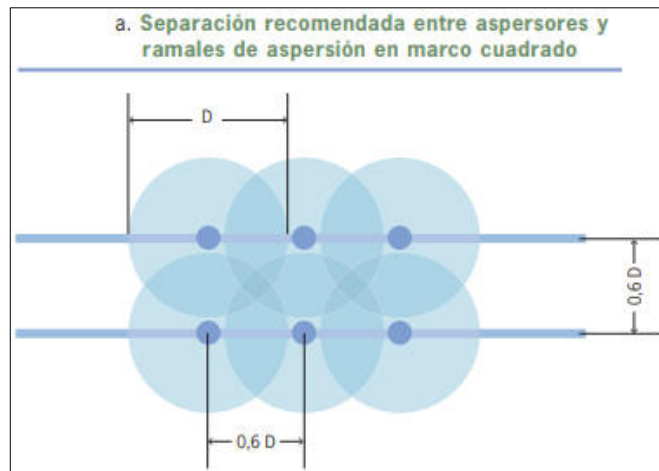


Figura 8-2: Distancia de Aspersores marco cuadrado

Realizado por: (Fernandez Gomez 2010)

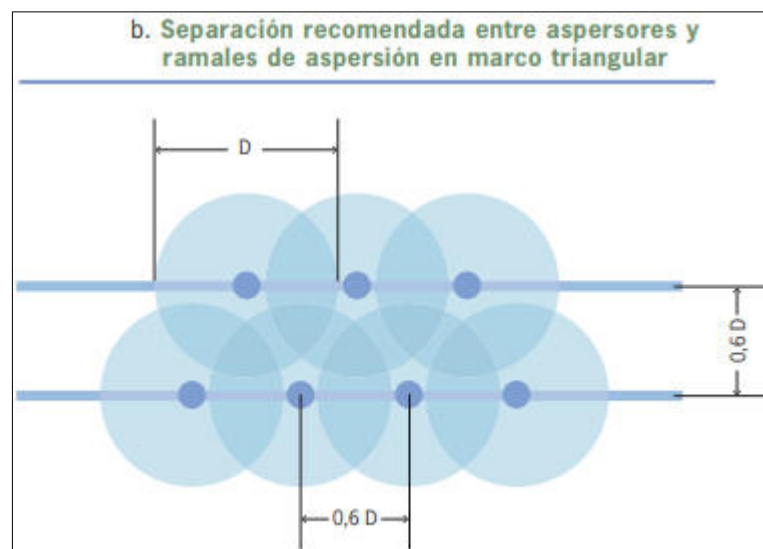


Figura 9-2: Distancia de Aspersores marco Triangular

Realizado por: (Fernandez Gomez 2010)

2.8.2 Plantaciones de banano

Es una planta originaria del trópico húmedo y su estructura vegetativa está adaptada a condiciones de alta humedad, por lo tanto, es muy susceptible a las deficiencias hídricas y eso hace que el riego sea indispensable. Así mismo, es muy sensible a la disminución de oxígeno en la zona radicular. (Morera 2019, pag 7.)

El exceso de agua puede producir asfixia radical, es por ello que en la estación lluviosa el crecimiento de raíces es deficiente, con pérdidas muy sensibles por pudrición. También, Soto realizó estudios sobre el crecimiento de raíces en especímenes del clon "Gran Enano", en la zona de Guápiles, Costa Rica, durante el año 1982. Observó que de un 60 a 70% de las raíces se

encuentran comprendidas en los primeros 30 cm de profundidad, en una distancia horizontal de 0 a 90 cm de la base de la planta, de 60 a 90 cm de profundidad sólo se encontró de un 10 a 15% del total. En resumen, puede decirse que para plantas del clon "Gran Enano", del 85 al 90% de las raíces se encuentran comprendidas entre 0 y 60 cm de profundidad. (Morera 2019, pag 10.)

Lluvia y humedad: La planta de plátano por su estructura botánica, requiere de una gran disponibilidad de humedad permanente en los suelos. Para la obtención de cosechas económicamente rentables, se considera suficiente suministrar de 100 a 180 mm de agua por mes, para cumplir con los requerimientos necesarios de la planta. El autor determinó necesidades netas de 167 mm por mes. (Morera 2019)

El productor indica que las distancias de siembra más usadas en las zonas bananeras están alrededor de 3 x 3 metros en cuatro vientos (por ejemplo, a 3.5 x 3.5 varas) a partir de las cuales se obtienen aproximadamente 1000 plantas por hectárea. Los productores que han establecido sus plantaciones en combinación con otros cultivos consideran que en este caso y cuando el sitio es muy inclinado, es mejor sembrar a 4 x 4 metros o más (puede ser de 4.5 x 4.5 varas o a 5 x 5 varas) Estas distancias facilitan el manejo tanto de las plantas de banano como de las plantas asociadas. Hay que considerar que las distancias amplias, si no son bien manejadas, favorecen el crecimiento de vegetación espontánea (maleza) principalmente durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo. (Torres Jaramillo 2012)

Tabla 2-2: Densidad de plantas de Banano por hectárea.

Cultivar	Distancia entre planta	Plantas por hectárea	Sistema de plantación
Gran naine Williams	2.70m x 2.70	1584	Triangular
Guayaquil	3.00m x 3.00 m	1283	Triangular
Mokotaqui	2.50 m x 2.50m	1848	Triangular
Híbrido FHIA	3.00 m x 3.00 m	1111	Marco real

Fuente: InfoAgro, 2011.

2.9 Topografía

Es una ciencia encargada de determinar la posición relativa de puntos sobre la Tierra y la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre. Se puede definir como la disciplina que abarca todos los métodos para reunir información de partes físicas de la Tierra.

Topografía significaría el arte o la técnica que se encarga de la descripción detallada de la superficie de un terreno en una determinada región o lugar. (Rincón, Vargas y Gonzáles 2011)

2.9.1 Medición del Terreno

La medición del terreno tanto en planta como en alzado se ha reducido desde siempre a un problema de resolución de triángulos, como polígono elemental a partir del que podemos formar los demás polígonos y por la posibilidad de reducir a triángulos cualquiera extensión de terreno.

La primera cuestión que se presenta es la de establecer la posición real de los lugares en la superficie de la tierra y la posibilidad de representar, a escala, su posición en los mapas.

Para ello, es necesario calcular las distancias rectas de los lugares a representar respecto a un punto conocido y la dirección en que estos se encuentran, es decir, el ángulo respecto a una línea inicialmente conocida. Esta línea puede ser la que se orienta al norte desde el punto de partida, en cuyo caso el ángulo se llama acimut, o la formada por los dos puntos de partida conocidos que forman la base. Todas son labores difíciles que requieren de una muy precisa medición del terreno con una labor de triangulación, en muchas ocasiones perfectamente útil para varias misiones a la vez de las ya mencionadas.

2.9.2 Consideraciones básicas en topografía

- Los levantamientos topográficos se realizan en áreas relativamente específicas de la superficie de la tierra.
- En topografía no se considera la verdadera forma de la superficie de la tierra, sino se supone como una superficie plana.
- La dirección de la plomada se considera que es la misma dentro de los límites del levantamiento.
- Todos los ángulos medidos en topografía se consideran planos.
- Se considera recta a toda línea que une 2 puntos sobre la superficie de la tierra.

La topografía consta de 2 partes las cuales son:

1. Planimetría: Es la proyección de terreno sobre un plano horizontal imaginario.
2. Altimetría: Tiene en cuenta las diferencias de niveles existentes entre diferentes puntos del terreno.

2.9.3 Métodos de medición

Tabla 3-2: Métodos usados para la topografía.

MÉTODO USADO	PRECISIÓN	APLICACIÓN PRACTICA
A Pasos	1/100 – 1/200	Se utiliza para el reconocimiento y comparación entre medidas efectuadas con cinta.
Estadimétrico indirecto	1/1000 - 1/3000	Para el levantamiento de detalles, comprobación de medidas más precisas.
Cinta sencilla (directa)	1/10000 - 1/5000	Se utiliza en poligonales para levantamientos topográficos de construcción civil.
Cinta de precisión	1/10000- 1/30000	Para poligonales de planos de población , base de triangulación de mediana precisión y trabajos especiales de ingenierías
Electrónico	1/10000– 1/300000	Para levantamiento de alta precisión en base a triangulación

Fuente: Sergio Navarro, 2008

2.10 Qgis

La aplicación de software libre llamada QGIS, la cual es un sistema de información geográfica, es muy fácil de aprender, es gratuita, y se puede aplicar tanto en la docencia como en la investigación. (Gutiérrez 1967)

2.11 Red de Tubería

Cuando hablamos de riego, la red de tuberías será la encargada de conducir el agua desde el lugar de arranque, ya sea un pozo, una balsa o una toma, hasta los campos de cultivo.

Todas las tuberías para el transporte del agua de riego son circulares, esta forma geométrica es la que más eficientemente conduce el agua pues las perturbaciones debido a las pérdidas de presión son mucho menores que en otras formas. (DE BAEZ 2019). Las esquinas no son buenas para conducir fluidos debido precisamente a las perturbaciones que se producen en esas zonas cuando circula el agua por ellas. Desde el punto de vista hidráulico siempre será preferible una curva a 90 grados que un codo con el mismo ángulo. Si ahora nos vamos a la parte mecánica, una tubería circular cuando se instala enterrada, tendrá una mejor adaptación y capacidad para soportar cargas que una tubería con una forma geométrica plana. (Monge 2019)

Las parcelas de riego suelen dividirse, según su forma y tamaño, en una o varias unidades de riego, denominándose así aquellas zonas que se riegan de una sola vez. A su vez, las unidades de riego se pueden dividir en varias subunidades de forma que se faciliten las operaciones de riego y el control del sistema. La red de distribución es el conjunto de tuberías que llevan el agua desde la toma de agua en la parcela hasta los aspersores situados las distintas unidades y subunidades de riego. Está formada por la red principal o de alimentación, que distribuye el agua por la parcela y los ramales de aspersión, que derivan de los anteriores y conducen el agua hasta los aspersores.(Fernandez Gomez 2010)

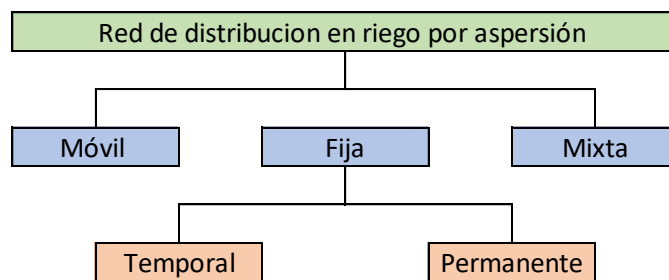


Gráfico 1-2: Red de Distribución

Realizado por: (Fernandez Gomez 2010)

Fija: Las tuberías abarcan la totalidad de la superficie que se vaya a regar. A su vez puede ser temporal (las tuberías se colocan sobre la superficie del suelo después de la siembra o plantación y se suelen quitar algo antes de la recolección. En muchas ocasiones la red puede ser un obstáculo para la mecanización y organización de los trabajos en la parcela) o permanente. (Fernandez Gomez 2010, pag 22.)

Móvil: Todas las tuberías de la red de distribución, tanto las correspondientes a la red principal como a los ramales de aspersión, se van trasladando a medida que se va regando. Este sistema está especialmente indicado cuando el suministro del agua es por medio de canales o acequias.

Mixta: La red principal suele ser fija, estando las tuberías enterradas o sobre el suelo, mientras que los ramales de aspersión se van trasladando de una postura de riego a otra.

Tuberías para sistemas fijos

Se emplea principalmente PVC, fibrocemento, acero, fundición, hormigón y plástico, siendo en la actualidad los materiales más utilizados el fibrocemento y PVC. Las tuberías de fibrocemento presentan ventajas tales como su menor coste para diámetros intermedios (200 – 400 mm), gran resistencia a agentes físicos y algunos químicos, baja rugosidad, no se suelen formar

incrustaciones, cierta flexibilidad en las uniones y fácil reparación. Como inconvenientes destacan su gran fragilidad, por lo que se debe de extremar el cuidado en el transporte y la puesta en obra; además, desde el punto de vista económico, resultan competitivas para diámetros muy grandes.(Fernandez Gomez 2010, pag 22.)

2.11.1 *Epanet*

EPANET es un software libre desarrollado por la EPA (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos). EPANET se concibió como una herramienta para el análisis de la evolución de la calidad del agua, mientras discurre por las redes de distribución. Pero desde un punto de vista físico, la calidad es consecuencia de los procesos de transporte, mezcla y reacción de los contaminantes disueltos en ella. Esto significa que antes de resolver el problema de la calidad, hay que resolver el problema hidráulico para conocer los caudales circulantes por las tuberías y la evolución de los volúmenes almacenados en los depósitos. Pero éstos dependen a su vez de las demandas de la red, de las características físicas del sistema y de su modo de regulación, resolver el problema hidráulico termina siendo más complejo que resolver el problema de la calidad. (Martínez 2003)

2.12 Características de los Fluidos

➤ Densidad y peso específico.

La densidad también llamada masa específica es una propiedad característica de la materia y expresa la masa contenida de dicha sustancia en la unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 7}$$

$$\delta = \rho g \quad \text{Ec. 8}$$

$$\rho = \text{densidad [kg/m}^3\text{]}$$

$$\delta = \text{peso específico [N/m}^3\text{]}$$

$$m = \text{masa [kg]}$$

$$V = \text{volumen [m}^3\text{]}$$

$$g = \text{gravedad [m/s}^2\text{]}$$

➤ Viscosidad

Esta propiedad se origina por el rozamiento de unas partículas con otras cuando un líquido fluye. Por tal motivo, la viscosidad se puede definir como una medida de la resistencia que opone un líquido al fluir.

$$v = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{Ec. 9.}$$

$\mu = \text{viscosidad dinámica [Ns/m}^2\text{]}$

$v = \text{viscosidad cinemática [m}^2\text{/s]}$

$\rho = \text{densidad [kg/m}^3\text{]}$

➤ Ecuación de Bernoulli.

La ecuación de Bernoulli (ecuación 10) es consecuencia del principio de conservación de la energía mecánica en un flujo ideal, el cual se supone incompresible, irrotacional, no viscoso y estacionario.

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 \quad \text{Ec. 10}$$

$P_1 = \text{presión en el punto 1}$

$v_1 = \text{velocidad en el punto 1}$

$h_1 = \text{altura en el punto 1}$

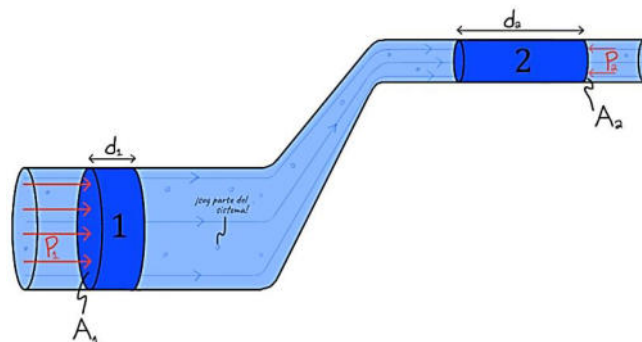


Figura 10-2: Teorema de Bernoulli

Realizado por: LJ

➤ Pérdidas por Fricción en tuberías y accesorios

A medida que el agua dotada de presión circula por las tuberías y atraviesa los distintos elementos del sistema va perdiendo parte de dicha presión debido al rozamiento. A esta pérdida de presión se le denomina pérdida de carga, y se expresa en las mismas unidades que la presión, normalmente

en metros de columna de agua (m.c.a.). Las pérdidas de carga en el sistema dependen principalmente de los siguientes condicionantes:

- Diámetro interior de la tubería, teniendo en cuenta que a menor diámetro la pérdida de carga es mayor para el mismo caudal circulante.
- Longitud de la tubería, sabiendo que a mayor longitud de la tubería también es mayor la pérdida de carga para el mismo diámetro y caudal circulante.
- Caudal, siendo mayor la pérdida de carga a mayor caudal para el mismo diámetro.
- Tipo de material de la tubería y rugosidad de sus paredes interiores (aluminio, polietileno, fibrocemento, PVC, etc.).

El valor de las pérdidas de carga que originan los diferentes elementos del sistema como uniones, codos, válvulas, medidores, etc. debe ser suministrado por el fabricante. Igualmente, la pérdida de carga en las tuberías debe ser solicitada al fabricante, aunque para ciertos tipos de materiales y diámetros más usuales pueden encontrarse valores en publicaciones referidas a sistemas de riego a presión. A la hora de realizar el diseño hidráulico de la red de riego es imprescindible tener en cuenta todas las pérdidas de carga que puedan ocasionarse, con objeto de que en el punto más desfavorable de la instalación exista suficiente presión para que el emisor suministre el agua de forma adecuada. (Fernandez Gomez 2010, pag 8.)

Los sistemas de flujo de un fluido presentan ganancias de energías por bombas y pérdidas por fricción conforme el fluido pasa por los ductos y tubos, pérdidas por cambios en el tamaño de la trayectoria de flujo y pérdidas de energía por las válvulas y accesorios. La realización de este anteproyecto tiene como propósito identificar, analizar y calcular las pérdidas por fricción de un fluido en un sistema con tuberías y accesorios.

El comportamiento de un fluido, en lo que se refiere a las pérdidas de energía, depende de que el flujo sea laminar o turbulento. Un medio para predecir este comportamiento en el flujo es con el manejo del número adimensional de Reynolds. Esta ecuación se define como:

$$Re = \frac{vD\rho}{\eta} \frac{vD}{\gamma}$$

Donde:

$v = \text{velocidad}$

$D = \text{diametro}$

$\gamma = \text{viscosidad cinemática}$

Para aplicaciones prácticas se tiene que los flujos con $Re < 2000$, se encuentran en estado laminar, y los $Re > 4000$, están en régimen turbulento. Los $2000 < Re < 4000$, están en la región de transición o región crítica.

Ahora señalamos que en la ecuación general de la energía tenemos el término h_L que es la pérdida en el sistema. A continuación, se expresa la ecuación de Darcy:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

$f = \text{factor de fricción}$

$L = \text{longitud de la corriente}$

$D = \text{diámetro de la tubería}$

$v = \text{velocidad promedio del flujo}$

El factor de fricción f se lo determina dependiendo del régimen en el que se encuentra el fluido.

FLUJO LAMINAR. -

$$f = \frac{64}{Re}$$

FLUJO TURBULENTO. -

$$f = \frac{0.25}{[\log(\frac{1}{3.7(\frac{D}{\epsilon})} + \frac{5.74}{Re^{0.9}})]^2}$$

Los términos $\frac{D}{\epsilon}$, hacen referencia a la rugosidad relativa, donde ϵ es la rugosidad promedio de la pared del tubo.

Unos de los métodos para evaluar el factor de fricción es el diagrama de Moody, el cual presenta la gráfica del factor de fricción (f) vs el Número de Reynolds (Re), con un sin número de curvas paramétricas vinculadas con la rugosidad relativa.

PERDIDAS POR ACCESORIOS. –

Para este tipo de pérdidas presentamos la siguiente formula:

$$h_L = K_f * \frac{v^2}{2g}$$

K_f = factor de perdida para accesorio

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Plantación de Banano

Como se pudo verificar en una visita técnica al terreno, dicho predio no cuenta con un sistema de riego, lo que hace que las plantas de banano se encuentren deshidratadas debido a la sequía que se presenta en la estación de verano. En este terreno se realizará el estudio, diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión subfoliar, lo cual permitirá que las plantas cuenten con el recurso hídrico durante las 52 semanas del año y por ende brinden una mejor producción de manera continua y a su vez generen mayores ingresos para su propietario.



Figura 11-3: Antes de Construir.

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Las plantaciones de banano tienen una población de 1300 plantas de banano por hectárea las mismas que se encuentran a una distancia de 2.70 m entre cada una de ellas. A su vez es importante recalcar que la cepa o cormo de la planta de banano tiene una profundidad de 20 cm, y así posteriormente determinar la profundidad de la excavación donde estará la tubería del sistema de riego.

Configuración de las plantas de banano en estudio:

- Variedad tipo Cavendish
- Densidad de Plantación: 1300 plantas por hectárea
- Distribución cuadrada: 2.7 x 2.7 m
- Suelo: húmifero
- Superficie plana
- Profundidad de cormo: 0.3 m

Esta información es proporcionada por el propietario de la plantación bananera, señor Miguel Pastuña esta información se requiere para realizar el pre diseño.

LEVANTAMIENTO PLANÍMETRO

Es la actuación técnica que consiste en recabar toda la información métrica del lugar de análisis o estudio, es decir, la acción de fijar y medir las evidencias físicas, los elementos estructurales y todos los objetos relacionados a la comisión de un hecho punible. Un levantamiento planimétrico comprende todos los trabajos necesarios para certificar, de manera gráfica, la superficie que tiene una edificación ya existente.

Es necesario un levantamiento planimétrico para:

- Determinar con exactitud las dimensiones de una construcción existente, ya sea una vivienda, local, solar, etc.
- Certificar la existencia de una edificación o volumen
- División horizontal de propiedades
- Segregación de vivienda o local

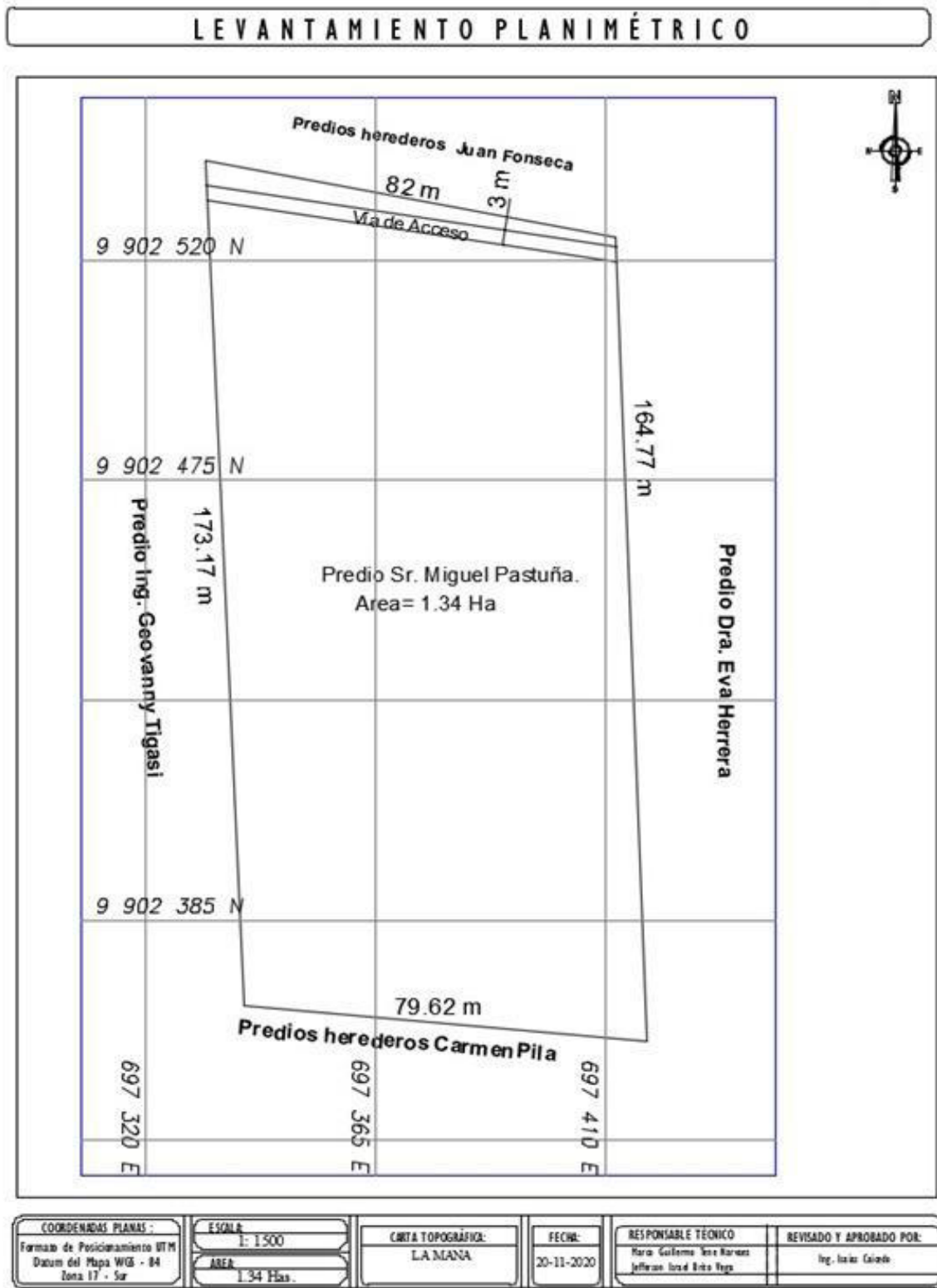


Figura 12-3: Planimetría.

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Tabla 4-3: Ubicación Geográfica.

CUADRO DE COSTRUCCION						
VERTICE	ALTITUD MSNM	LADO	DIST. M	ANGULO ⁰ C	ESTE	NORTE
P1	294	P1-P2	82	103	697284,952	9902588,74
P2	293	P2-P3	173,17	76	697204,45	9902604,36
P3	292	P3-P4	79	97	697212,22	9902431,36
P4	293	P4-P1	164,77	82	697290,88	9902424,07

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.2 Altitud mediante Qgis

Para determinar las coordenadas del terreno en estudio se empleó el software Google Maps, mediante esta aplicación se logró conseguir o determinar las coordenadas geográficas como se presenta en la tabla 2. Estas coordenadas geográficas fueron transformadas a coordenadas UTM mediante un conversor en línea, utilizando el modelo de elipsoide WGS84, ubicado en la zona 17 SUR, en la cual se encuentra ubicado el Ecuador, para posteriormente ubicar los puntos exactos en la aplicación Google Earth.



Figura 13-3: Toma de coordenadas del terreno

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Se identificó las coordenadas en Google Earth como se presenta en la Figura 6. Con una totalidad de 4 coordenadas que representan los vértices, quedando definido la superficie de nuestro terreno, el cual es nuestro punto de partida para la ejecución del estudio del proyecto de riego por aspersión subfoliar. Se debe tener en cuenta que se tomó esta opción puesto que el área de nuestro estudio no se puede visualizar de manera nítida mediante la imagen satelital en el software Google Earth. Para ello fue necesario acudir personalmente al lugar, así con la ayuda de un Smartphone

conjuntamente con la aplicación Google Maps, y una tabla de registro para la toma de las coordenadas geográficas de cada uno de los puntos especificados anteriormente.



Figura 14-3: Coordenadas ubicadas en el área de trabajo

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Posteriormente se realizó un mallado dentro del software Google Earth. Mediante la opción Add Path (Agregar Ruta) se realiza una distribución de puntos lo más cercanos posibles próximos a nuestra área de estudio, esto conlleva a crear un archivo con extensión .kml el cual exportamos a un convertidor de coordenadas llamado GPS visualizer en línea, de esta aplicación se obtiene un archivo con extensión .gpx, todo este procedimiento se realizó para determinar los puntos de elevación a la cual se encuentra la superficie de trabajo en cuestión.

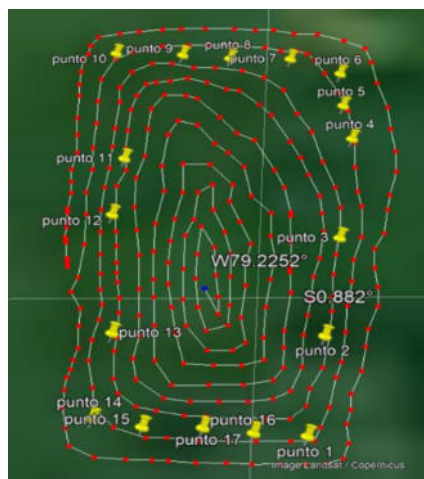


Figura 15-3: Superficie de Trabajo

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Posteriormente cargamos el archivo con extensión .gpx en el Software Qgis para poder visualizar los puntos de nuestro mallado, como se puede verificar en este software la elevación que tiene cada punto, seguidamente se realiza una serie de procedimientos como agregar el google maps,

agregar la zona geográfica del Ecuador (WGS 84 / UTM zone 17S), crear un limite, crear una interpolación, crear una mallado, asi como realizar el trazado de las lineas o tuberias de nuestro sistema de riego para posteriormente exportarlo al EPANET.

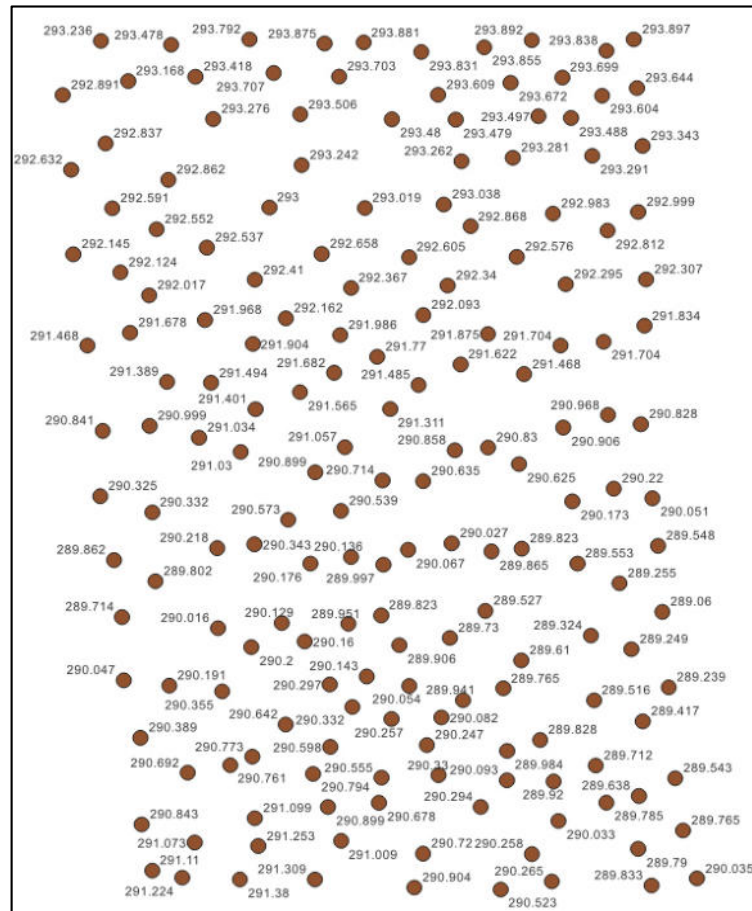


Figura 16-3: Puntos del Área de Trabajo en QGIS.

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

TOPOGRAFÍA

Mediante la topografía se ha determinado la localización del área en estudio como se puede apreciar en la planimetría, así como la localización del camino de acceso, cable vía, linderos, ubicación de las plantas de banano, Anexo1. Este estudio nos permite establecer la distribución de nuestra red de tuberías y a su vez obtener las cotas de nuestro terreno el cual es de vital importancia para la realización de nuestro modelo hidráulico mediante la aplicación del software EPANET. Se ha verificado en software Qgis que las cotas de nuestro terreno están comprendidas entre 289 msnm hasta 294 msnm.

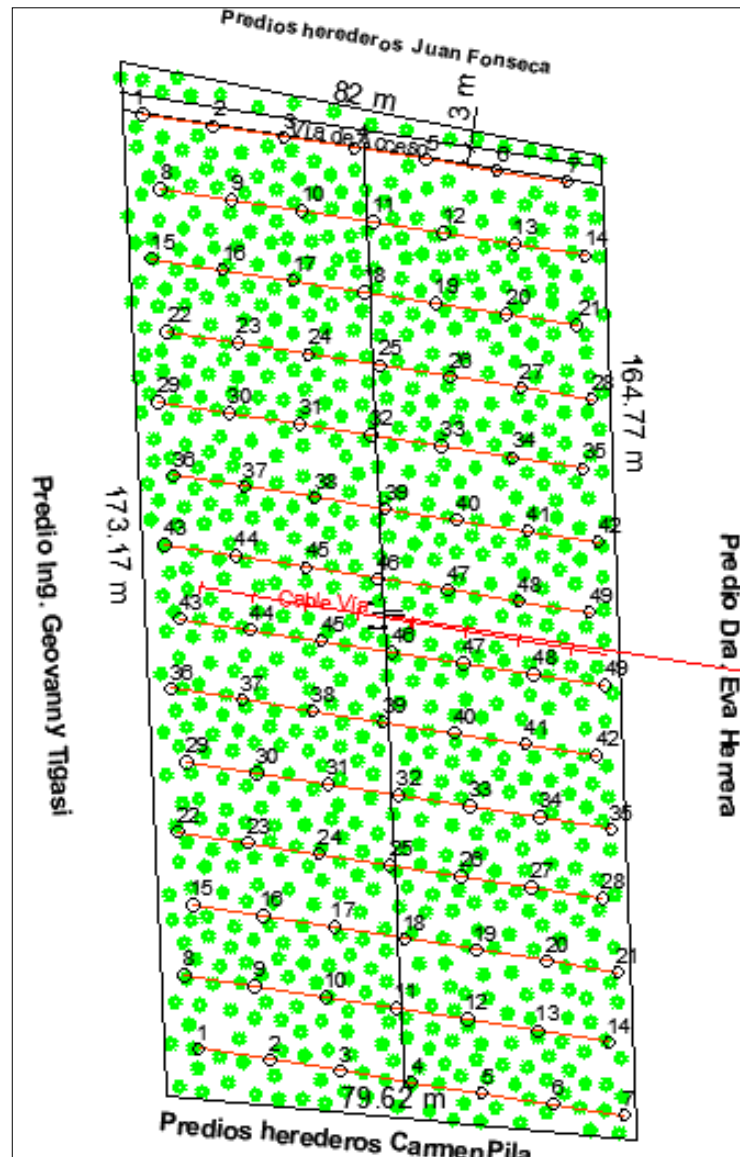


Figura 17-3: Plano Topográfico

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

De acuerdo al estudio topográfico tenemos como resultado que nuestra área de estudio lindera al norte con 82 metros con herederos de Juan Fonseca, al sur con 79.72 metros con Herederos de Carmen Pila, al este con 174.77 metros con Predio de la Dra. Eva Herrera y al oeste con 173.17 metros con predio del Ing. Geovanny Tigasi quedando comprendida con un área total de 1.34 hectáreas. Además, se puede apreciar una vía de acceso para servidumbres de 3m de ancho ubicado al norte, así como un acceso por cable vía que cuenta con un ancho de 1.9 metros en la parte central de forma transversal en dirección oeste- este. Por otra parte contamos con una densidad de 1300 plantas por hectárea es decir que en todo el terreno se cuenta con una población de 2010 plantas de banano, las mismas que se encuentran a una distancia de 2x2m entre ellas, de la misma forma se puede observar la distribución de la tubería, para este proyecto se ha distribuido en dos módulos cada uno con una capacidad de 14 filas por 7 aspersores, cada una dando un total

de 49 aspersores es decir que en los dos módulos tenemos 98 aspersores con los cuales estamos cubriendo toda nuestra área para la instalación de nuestro proyecto de riego. Finalmente se tiene una separación entre filas de 12,0 m y una separación entre plintos de 12,0 m.

3.3 Aspersores

Un aspersor es un dispositivo mecánico que en la mayoría de los casos transforma un flujo líquido presurizado en rocío, asperjándolo para fines de riego (Demin 2014).

Es necesario comprender que la ventaja de un aspersor es la de expulsar el agua por medio de una cortina hasta donde sus capacidades de presión de salida y tipo de boquilla se lo permitan.

Un chorro de agua asperjado es un conjunto aleatorio de gotas de agua que son expulsadas de un medio presurizado a otro con presión atmosférica, donde este conjunto de agua pulverizada guarda direcciones similares y velocidades diferentes (esto a causa de los tipos de boquilla) con el único objetivo de conseguir una cortina de agua lanzada al espacio de la manera más uniforme posible.

El aspersor a usar en este trabajo de técnico se presenta a continuación.



Figura 18-3: Tipo de Aspersor
Realizado por: Catalogo Aspersores.

Tabla 5-3: Características del aspersor

Color de boquilla (mm)	P (bar)	Q (m3/h)	D (m)
2.5x1.8 Violeta	1.5	0.440	18.5
	2.0	0.480	19.5
	2.5	0.535	21.0
	3.0	0.590	21.5
	3.5	0.635	22.0
	4.0	0.685	21.5

Fuente: Catalogo NaanDanJain.

Como se puede ver en la tabla 3. La cual se encuentra en el catálogo del proveedor, el aspersor trabaja a una presión de 1.5 bar equivalente a 21 psi, y con un caudal de 0.440 m³/h que es equivalente a 7.33 l/min. Estos son los parámetros que debemos brindar en cada punto de consumo tanto en EPANET como en la construcción. Brindando así una mayor eficiencia y eficacia con los aspersores.

Se ha determinado un total de 14 filas con 7 aspersores en cada fila, de acuerdo con esta cantidad de filas se ha determinado que se va a trabajar con dos módulos de 7 filas cada uno, es decir en nuestro sistema de riego se instalarán un total de 98 aspersores distribuidos en dos módulos cada uno de ellos con su respectiva válvula para poder poner en funcionamiento de manera paulatina.

Los aspersores tienen como función girar de manera continua y regular en el sentido correspondiente y en el intervalo de presiones que comprende entre el 0.9 de la presión mínima y 1.1 de la presión máxima de funcionamiento.

En base a estos parámetros de operación de los aspersores se ha seleccionado el tipo 5022 SD-U el cual es un aspersor de plástico a impacto macho de media pulgada de doble boquilla color naranja y violeta los cuales vamos a utilizar en nuestro sistema de riego por aspersión. Se ha seleccionado este tipo de aspersores puesto que son recomendables para plantaciones de banano y se encuentran en el mercado con gran facilidad y el material de fabricación es resistente a la corrosión, abrasión y envejecimiento, los mismo que están diseñados bajo las normas UNE 68-072.86, ISO 15886 PARTE 1 y 3 e ISO 7749-1. A continuación se presenta una tabla del rango de presiones máximas y mínimas de operación de nuestros aspersores.

Tabla 6-3: Rango de presiones de Operación de los aspersores.

Rango de Operaciones de los aspersores		
Color de Boquilla (mm)	Presión Mínima (mca)	Presión Máxima (mca)
2,5 x 1,8 Violeta	15,3	41

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

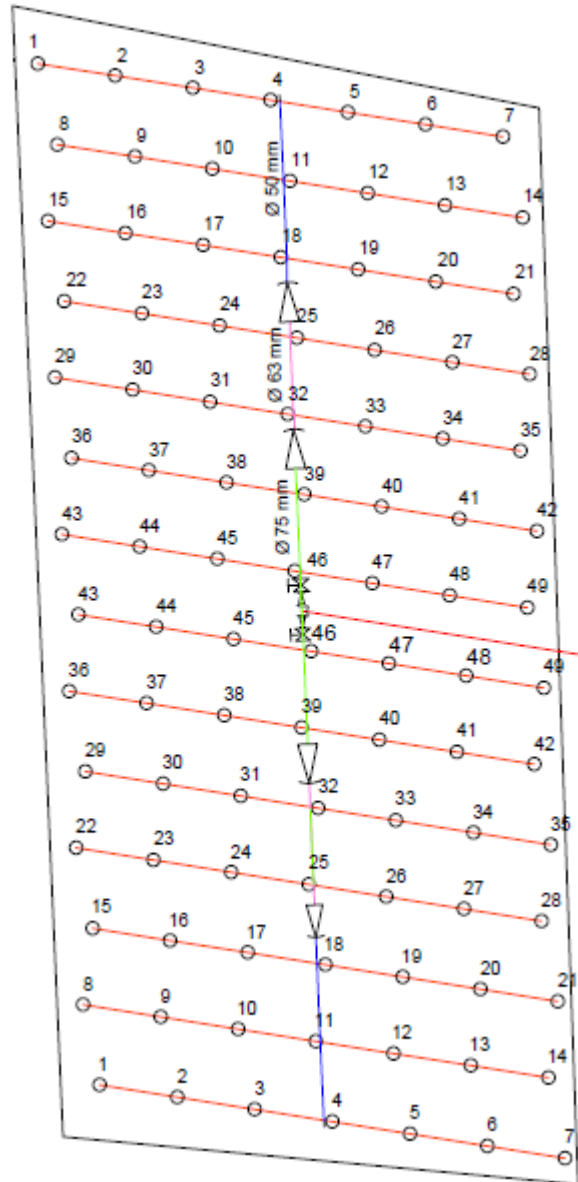


Figura 19-3: Determinación de puntos de consumo.

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.4 Cálculos de pérdidas

3.4.1 Determinamos las características del agua a 25 oC

Propiedades del agua

$$\text{Agua a } 25^{\circ}\text{C} \left\{ \begin{array}{l} \text{Densidad } \delta = 997 \text{ Kg/m}^3 \\ \text{Viscosidad Dinamica } \eta = 8,91 \times 10^{-4} \text{ Pa. s} \\ \text{Viscosidad Cinematica } \nu = 8,94 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s} \end{array} \right.$$

3.4.2 Rugosidad Absoluta del PVC

$$\text{PVC } \{\epsilon = 0,0015\text{mm} = 1,5 \times 10^{-6}\text{m} \quad \text{Catalogo}$$

3.4.3 Transformación del Caudal

$$\text{Caractrísticas de los aspersores} \begin{cases} \text{Caudal } Q = 0,44 \text{ m}^3/\text{h} = 0,12 \text{ LPS} \\ \text{Presion } P = 1,5 \text{ bar} = 21 \text{ Psi} = 14,78 \text{ mca} \\ \text{Diametro de alcance } D = 18,5 \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{Numero total de aspersores} = 49 \text{ asperores}$$

$$Q_r = 49 \left(0,44 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) = 5,98 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_r = 49(1,5 \text{ bar}) = 73 \text{ bar}$$

3.4.4 Diámetro de Tubería

Tramo 1:

$$Q = V \times A$$

$$A = \pi \frac{\phi^2}{4}$$

$$V = \frac{Q}{\pi \frac{\phi^2}{4}} = \frac{5,98 \times 10^{-3}}{\pi \frac{0,11^2}{4}} = 0,63018 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.4.5 Cálculo del Número de Reynolds

$$Re = \frac{V \cdot \phi}{\nu} = \frac{0,63018 \times 0,11}{8,94 \times 10^{-7}} = 77540$$

$$\text{Rugosidad Relativa} = \frac{\phi}{\epsilon} = \frac{0,11}{1,5 \times 10^{-6}} = 73333$$

$$\text{Factor de Friccion} \quad f = 0,018 \quad \text{Diagrama de Moody}$$

$$\text{swamee: } f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{1,5 \times 10^{-6}}{0,11 \times 3,7} + \frac{5,74}{(8,37 \times 10^4)^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,018$$

Perdidas por longitud de tubería

Cada aspersor necesita un caudal de $1.22 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

$$h = h_{A-B} + h_{B-D} + h_{D-E} + h_{E-46} + h_{1-2} + h_{2-3} + h_{3-4}$$

$$h = \frac{8fL_{oc}Q_{oc}^2}{\pi^2 g \phi_{oc}^5} + \frac{8fL_{cF}Q_{cF}^2}{\pi^2 g \phi_{cF}^5} + \frac{8fL_{FI}Q_{FI}^2}{\pi^2 g \phi_{FI}^5} + \frac{8fL_{I-1}Q_{I-1}^2}{\pi^2 g \phi_{I-1}^5} + \frac{8fL_{1-2}Q_{1-2}^2}{\pi^2 g \phi_{1-2}^5} + \frac{8fL_{2-3}Q_{2-3}^2}{\pi^2 g \phi_{2-3}^5} + \frac{8fL_{3-4}Q_{3-4}^2}{\pi^2 g \phi_{3-4}^5}$$

Para encontrar el valor de f usamos la siguiente formula:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\epsilon}{3.7 D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

- Pre diseño mediante Excel de nuestra red de tubería.

$$D_{teórico} = \sqrt[5]{\frac{8 f q^2}{\pi^2 g j^*}}$$

$$j^* = \frac{h_{Long}}{L}$$

Donde:

J=Pendiente Hidráulica

Tabla 7-3: Pre diseño de los diámetros

ALTURA PIEZOMÉTRICA SUCCIÓN HO		0		msnm		315,545				
Pendiente diseño		0,01								
NUDOS/LÍNEAS	COTA (m)	CONSUMO (l/s)	PRESIÓN MIN	ALTURA PIEZ (i)	LONGITUD	SUM LONG	h _{long}	Hbomba teórica	CAUDAL(L/s)	caudal (m3/s)
0										
A	293,813	0	0	293,813	44	44	0,44	294,253	5,978	0,005978
B	295,623	0	0	295,623	108	152	1,52	297,143	5,978	0,005978
C	292,892	0	0	292,892	163	315	3,15	296,042	5,978	0,005978
D	292,979	0	0	292,979	6	321	3,21	296,189	5,978	0,005978
E	293,224	0	0	293,224	12	333	3,33	296,554	5,124	0,005124
F	293,42	0	0	293,42	6	339	3,39	296,81	4,27	0,00427
G	293,537	0	0	293,537	6	345	3,45	296,987	4,27	0,00427
H	293,889	0	0	293,537	12	357	3,57	297,107	3,416	0,003416
I	294,21	0	0	293,889	6	363	3,63	297,519	2,562	0,002562
J	294,222	0	0	294,21	6	369	3,69	297,9	2,562	0,002562
K	294,545	0	0	294,222	12	381	3,81	298,032	1,708	0,001708
L	294,89	0	0	294,545	12	393	3,93	298,475	0,854	0,000854
1	295,795	0,122	15,3	311,095	12	445	4,45	315,545	0,122	0,000122
2	295,696	0,122	15,3	310,996	12	433	4,33	315,326	0,244	0,000244
3	295,547	0,122	15,3	310,847	12	421	4,21	315,057	0,366	0,000366
4	295,531	0,122	15,3	310,831	12	409	4,09	314,921	0,488	0,000488
5	295,53	0,122	15,3	310,83	4	397	3,97	314,8	0,61	0,00061
6	295,43	0,122	15,3	310,73	8	401	4,01	314,74	0,244	0,000244
7	295,481	0,122	15,3	310,781	12	413	4,13	314,911	0,122	0,000122
8	295,146	0,122	15,3	310,446	12	431	4,31	314,756	0,122	0,000122
9	295,172	0,122	15,3	310,472	12	419	4,19	314,662	0,244	0,000244
10	294,222	0,122	15,3	309,522	12	407	4,07	313,592	0,366	0,000366
11	295,258	0,122	15,3	310,558	12	395	3,95	314,508	0,488	0,000488
12	295,36	0,122	15,3	310,66	2	383	3,83	314,49	0,61	0,00061
13	295,3	0,122	15,3	310,6	10	391	3,91	314,51	0,244	0,000244
14	295,35	0,122	15,3	310,65	12	403	4,03	314,68	0,122	0,000122
15	294,866	0,122	15,3	310,166	12	421	4,21	314,376	0,122	0,000122
16	294,889	0,122	15,3	310,189	12	409	4,09	314,279	0,244	0,000244
17	294,922	0,122	15,3	310,222	12	397	3,97	314,192	0,366	0,000366
18	294,93	0,122	15,3	310,23	12	385	3,85	314,08	0,488	0,000488
19	294,926	0,122	15,3	310,226	4	373	3,73	313,956	0,61	0,00061
20	294,93	0,122	15,3	310,23	8	377	3,77	314	0,244	0,000244
21	294,98	0,122	15,3	310,28	12	389	3,89	314,17	0,122	0,000122
22	294,58	0,122	15,3	309,88	12	407	4,07	313,95	0,122	0,000122
23	294,587	0,122	15,3	309,887	12	395	3,95	313,837	0,244	0,000244
24	294,607	0,122	15,3	309,907	12	383	3,83	313,737	0,366	0,000366
25	294,598	0,122	15,3	309,898	12	371	3,71	313,608	0,488	0,000488
26	294,592	0,122	15,3	309,892	2	359	3,59	313,482	0,61	0,00061
27	294,562	0,122	15,3	309,862	10	367	3,67	313,532	0,244	0,000244
28	294,609	0,122	15,3	309,909	12	379	3,79	313,699	0,122	0,000122
29	294,303	0,122	15,3	309,603	12	397	3,97	313,573	0,122	0,000122
30	294,304	0,122	15,3	309,604	12	385	3,85	313,454	0,244	0,000244
31	294,293	0,122	15,3	309,593	12	373	3,73	313,323	0,366	0,000366
32	294,25	0,122	15,3	309,55	12	361	3,61	313,16	0,488	0,000488
33	294,229	0,122	15,3	309,529	4	349	3,49	313,019	0,61	0,00061
34	294,209	0,122	15,3	309,509	8	353	3,53	313,039	0,244	0,000244
35	294,341	0,122	15,3	309,641	12	365	3,65	313,291	0,122	0,000122
36	294,029	0,122	15,3	309,329	12	383	3,83	313,159	0,122	0,000122
37	294,008	0,122	15,3	309,308	12	371	3,71	313,018	0,244	0,000244
38	293,995	0,122	15,3	309,295	12	359	3,59	312,885	0,366	0,000366
39	293,963	0,122	15,3	309,263	12	347	3,47	312,733	0,488	0,000488
40	293,931	0,122	15,3	309,231	2	335	3,35	312,581	0,61	0,00061
41	293,894	0,122	15,3	309,194	10	343	3,43	312,624	0,244	0,000244
42	293,941	0,122	15,3	309,241	12	355	3,55	312,791	0,122	0,000122
43	293,722	0,122	15,3	309,022	12	373	3,73	312,752	0,122	0,000122
44	293,679	0,122	15,3	308,979	12	361	3,61	312,589	0,244	0,000244
45	293,679	0,122	15,3	308,979	12	349	3,49	312,469	0,366	0,000366
46	293,687	0,122	15,3	308,987	12	337	3,37	312,357	0,488	0,000488
47	293,712	0,122	15,3	309,012	4	325	3,25	312,262	0,61	0,00061
48	293,78	0,122	15,3	309,08	8	329	3,29	312,37	0,244	0,000244
49	294,077	0,122	15,3	309,377	12	341	3,41	312,787	0,122	0,000122

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

PERDIDAS TOTALES POR LONGITUD DE TUBERIA

Tabla 8-3: Perdida en los tramos de tubería

NUDO CRÍTICO (1) CON ESTO ANALIZAMOS NUESTRO TRAYECTO CRÍTICO 0-A-B-C-D-E-F-G-H-I-J-K-L-5-4-3-2-1										
Factor de fricción	0,02									
Pendiente de Diseño	0,01									
ALTURA DE BOMBEO REAL	313,5247025									
TANQUE IMAGINARIO	313,5247025									
NUDOS/LÍNEAS	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (m ³ /s)	D TEÓRICO (m)	D TEÓRICO (mm)	D NORMALIZADO	LONGITUD	PÉRDIDAS	ALTURA PIEZ	PRESIÓN	VELOCIDAD
0										
A	5,978	0,005978	0,090002093	90,00209324	110	44	0,16134381	313,3633587	19,55035867	0,9396363
B	5,978	0,005978	0,090002093	90,00209324	110	108	0,39602571	312,967333	17,34433296	0,9396363
C	5,978	0,005978	0,090002093	90,00209324	110	163	0,59770547	312,3696275	19,47762749	0,9396363
D	5,978	0,005978	0,090002093	90,00209324	110	6	0,02200143	312,3476261	19,36862606	0,9396363
E	5,124	0,005124	0,08462017	84,62017018	90	12	0,08817352	312,2594525	19,03545254	0,9111092
F	4,27	0,00427	0,078668595	78,66859539	75	6	0,07618192	312,1832706	18,76327062	0,8784847
G	4,27	0,00427	0,078668595	78,66859539	75	6	0,07618192	312,1070887	18,5700887	0,8784847
H	3,416	0,003416	0,071951092	71,9510922	75	12	0,09751286	312,0095758	18,12057585	0,840141
I	2,562	0,002562	0,064130097	64,1300969	63	6	0,06557797	311,9439979	17,73399787	0,7931666
J	2,562	0,002562	0,064130097	64,1300969	63	6	0,06557797	311,8784199	17,6564199	0,7931666
K	1,708	0,001708	0,054528731	54,52873121	50	12	0,18512207	311,6932978	17,14829784	0,7313852
L	0,854	0,000854	0,041325051	41,32505062	40	12	0,14123693	311,5520609	16,66206091	0,6367078
5	0,61	0,00061	0,036121201	36,12120085	40	4	0,02401989	311,528041	15,99804102	0,5952708
4	0,488	0,000488	0,033036815	33,03681526	32	12	0,14074152	311,3872995	15,85629951	0,5692887
3	0,366	0,000366	0,029445754	29,44575404	32	12	0,0791671	311,3081324	15,7611324	0,5374584
2	0,244	0,000244	0,025037224	25,0372241	25	12	0,12089604	311,1872364	15,49123636	0,4955946
1	0,122	0,000122	0,018974668	18,97466767	20	12	0,09223636	311,095	15,3	0,4314402

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

PERDIDAS TOTALES POR ACCESORIOS

Tabla 9-3: Perdidas por accesorios

PERDIDAS POR ACCESORIOS				
Accesorio	cantidad	Le/D	Ft	Kt
codos	14	30	0,02	7,14
Tee	35	20	0,02	11,9
1 val compu	1	8	0,02	0,136
Cruz	7	20	0,02	2,8
			total=	21,976
k=	21,976			
v=	0,994	m2/s		
g=	9,81	m2/s		
P.Hacc=	1,106680894	mca		

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

Bernoulli entre Lámina de agua y punto crítico (O-1)

$$\cancel{\frac{P_0}{\gamma}} + Z_0 + \cancel{\frac{v_0^2}{2g}} + H_{bomba} = \cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + H_{totales}$$

$$H_{bomba} = Z_1 - Z_0 + \frac{v_1^2}{2g} + H_{totales}$$

$$H_L = H_{L-critico} + 4 * H_{L-7} + 3 * H_{K-8} + 3 * H_{K-14} + 3 * H_{J-15}$$

$$H_L = 2,4297 + 4 * (0,1108) + 3 * (1,0326) + 3 * (0,1309) + 3 * (1,1585)$$

$$H_L = 9,877 \text{ mca}$$

$$H_{BOMBA} = 311,095 \text{ mca} + 9,877 \text{ mca}$$

$$H_{BOMBA} = 320,97 \text{ mca} \approx 321 \text{ mca}$$

$$H_{B-real} = 320,97 \text{ mca} - 295,795 \text{ mca}$$

$$H_{B-real} = 25,17 \text{ mca}$$

Factor de seguridad del 15%

$$H_{bomba} = 25,17 * 1,15 \text{ mca}$$

$$H_{bomba} = 29 \text{ mca}$$

Selección de la bomba mediante catalogo:

$$\text{Parametros} \begin{cases} \text{Caudal} & Q = 5,98 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} \\ \text{Altura de bombeo} & H_B = 29 \text{ mca} \end{cases}$$

Familia de Bombas RNI

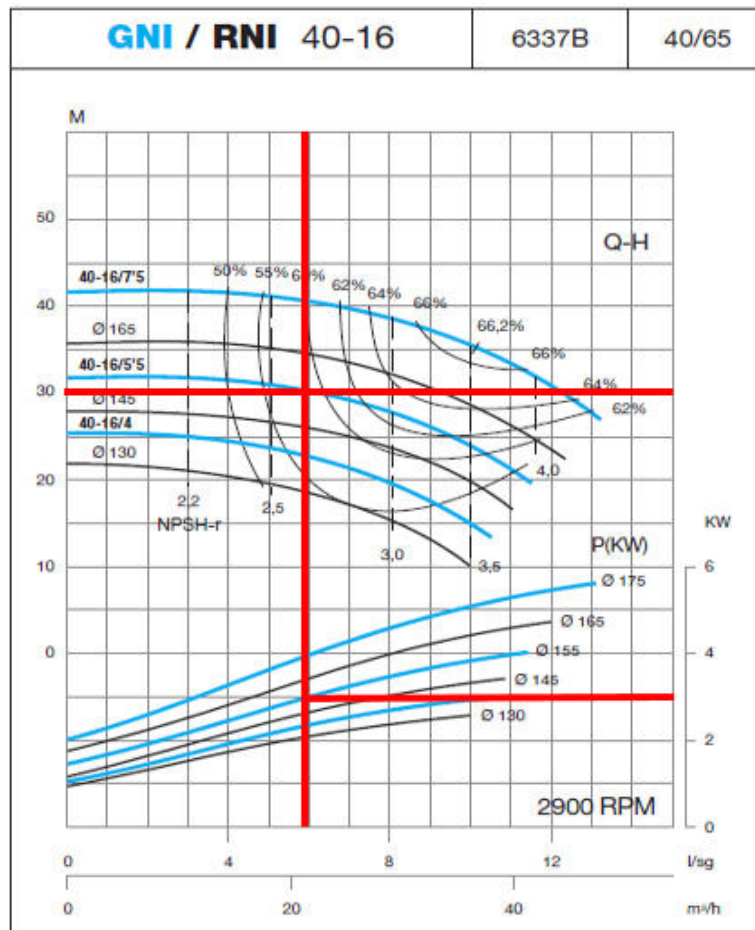
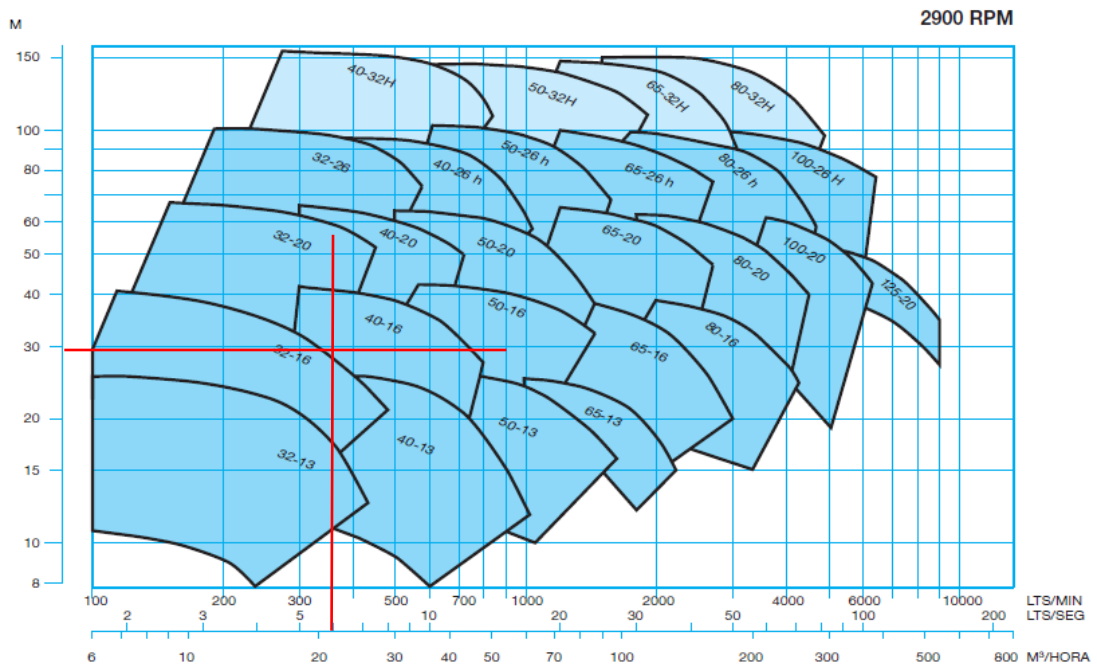


Figura 20-3: Selección de la bomba

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Características de la bomba serie GNI/R NI 4016

- Rendimiento $\eta=58\%$
- $NPSH_r=2,65$
- Potencia = 3Kw =4,02 hp
- Velocidad Maxima=2900 RPM
- Diametro del Rodete=155 mm

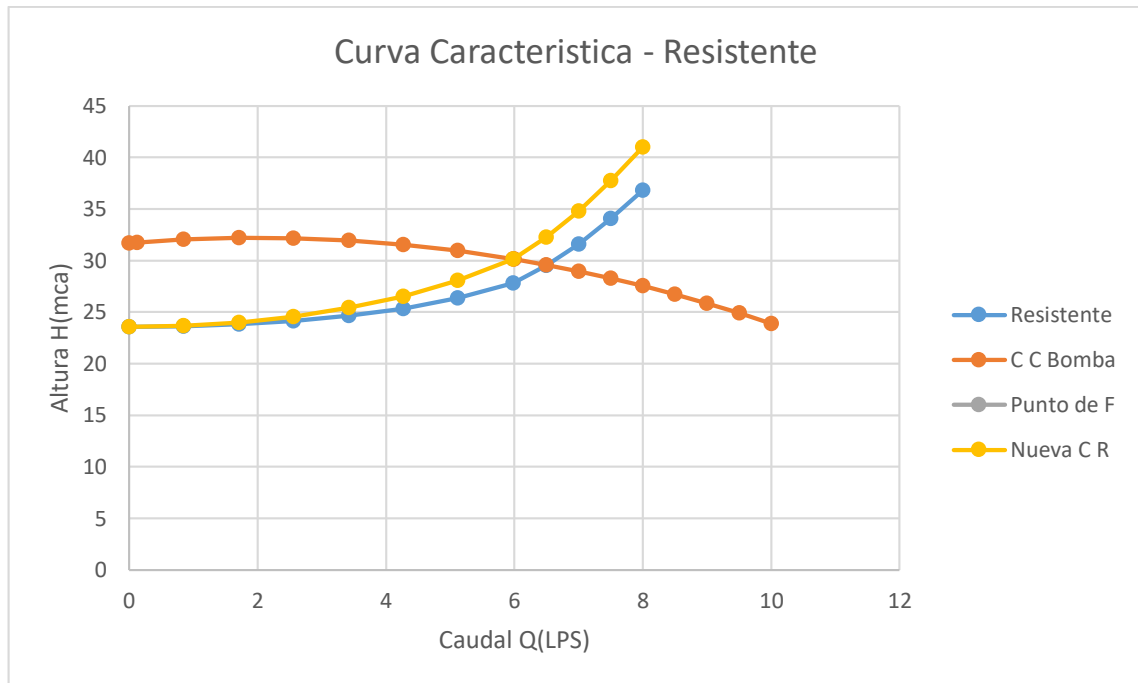


Gráfico 1-3: Punto de funcionamiento

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

Calculo del NPSHd

$$NPSH_{disp} = 10^5 x \frac{(p_l - p_v)}{\rho x g} - H_a - h_a$$

Donde:

P_l : es la presión sobre el líquido en el depósito de aspiración.

P_v : es la presión de vapor del líquido

ρ : es la densidad del líquido, Para el agua es de 1.000 kg/m3

g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s2)

H_a O altura de aspiración en metros

Tabla 10-3: Condiciones Climáticas Cantón La Mana.

El tiempo en La Mana, Ecuador			
Día	Humedad Relativa	Presión Atmosférica (hPa)	Temperatura (°c)
1	48%	1029	27
2	51%	1015	28
3	49%	1010	27
4	46%	1012	29
5	48%	1018	28
6	49%	1020	24
7	50%	1025	29
8	48%	1030	30
9	50%	1026	28
10	46%	1012	27
		1019,7	

Fuente: MeteoRed. 2020

Tabla 11-3: Tensión de Vapor

Valores de la tensión de vapor y de la densidad del agua según la temperatura										
Temperatura (°c)	0	4	10	20	30	40	50	60	80	100
Tensión de vapor (mca)	0.06	0.08	0.12	0.24	0.43	0.75	1.26	2.03	4.83	10.33
Densidad(Kg/m3)	999.9	1000	999.7	998.2	995.7	992.2	988.1	983.2	971.8	958.4

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

Datos:

$$P_l = 1020 \text{ hPa} = 101970 \text{ Pa}$$

$$P_v = 0.238 \text{ mca}$$

$$\rho_{H_2O} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$H_a = 2 \text{ m}$$

$$h_a = \frac{8fLQ^2}{\pi g D^5} = \frac{8 \times 0.018 \times 15 \times 0.006061^2}{\pi \times 9.81 \times 0.075^5} = 0,09 \text{ mca}$$

$$NPSH_{disp} = 10^5 \times \frac{(10.4 - 0.238)}{1000 \times 9.81} - 2 - 1.084$$

$$NPSH_{disp} = 8,0617 \text{ mca}$$

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req} + 0,5 mca$$

$$8,0617 mca \geq 2.65 + 0,5 mca$$

$$8,0617 mca \geq 3.15 mca \quad \mathbf{ok}$$

Al valor de NPHS requerido se debe considerar un margen de seguridad por lo general le sumamos un factor de seguridad de 0,5 mca según el artículo compartido por: (Hermetic, 2010)

MUESTRA QUE SE DEBE TOMAR PARA EL PROTOCOLO DE PRUEBAS

Calculo del tamaño de muestra finita

$$n = \frac{NZ_{\alpha}^2 pq}{e^2(N - 1) + Z_{\alpha}^2 pq}$$

n= tamaño de muestra buscado

N= tamaño de la población o Universo

Z= Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

E= error de estimación máximo aceptado

P= probabilidad de que ocurra el evento estadístico

Q= probabilidad de que no ocurra el evento estadístico

Tabla 12-3: Niveles de Confianza

Nivel de Confianza	Z _{alfa}
99.70%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28
50%	0.674

Fuente: Estadística de Murray

Tabla 13-3: Parámetros para el cálculo del tamaño de la muestra.

Parametro	Insertar Valor
N	53
Z	2,580
P	97,00%
Q	3,00%
e	5,00%

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

$$n = \frac{(49)(2.58)^2(97\%)(3\%)}{(5\%)^2(53 - 1) + (2.58)^2(97\%)(3)}$$

$$n = 30.25$$

3.5 Epanet

Mediante el software EPANET se desarrolló el análisis de presión y caudal para determinar los diámetros de tubería requeridos para nuestro proyecto de riego por aspersión, previo a este análisis se determinó las cotas de altitud en el apartado anterior, las cuales nos sirve para poder realizar nuestro estudio. En esta sección se deben conocer los parámetros de funcionamiento de los accesorios (aspersores) en este caso se trata del caudal y presión requerida en cada uno de los puntos de consumo para que funcione de manera eficiente dichos accesorios y cumplan con su objetivo de brindar humedad al suelo

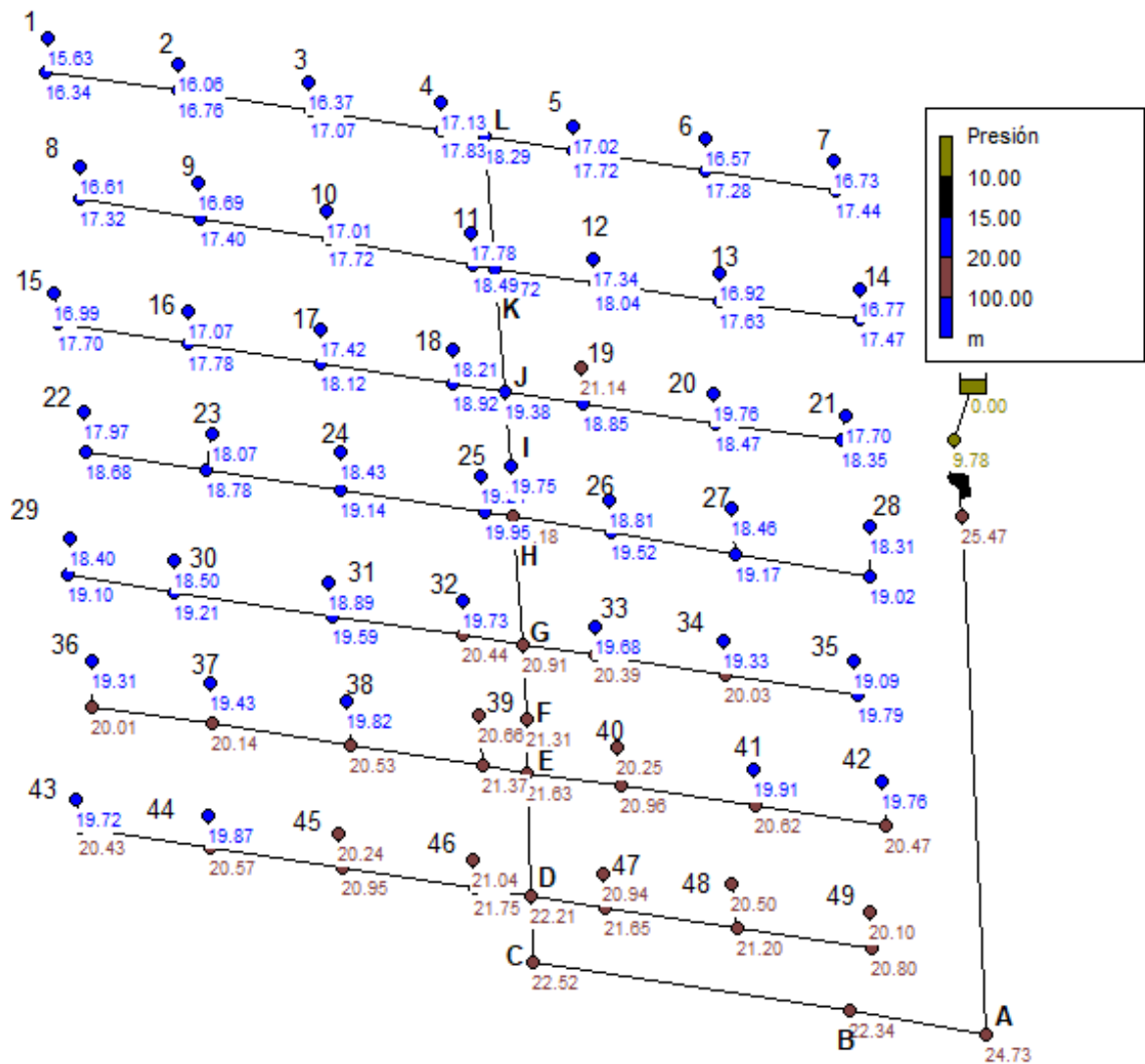


Figura 21-3: Análisis de Presión
 Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

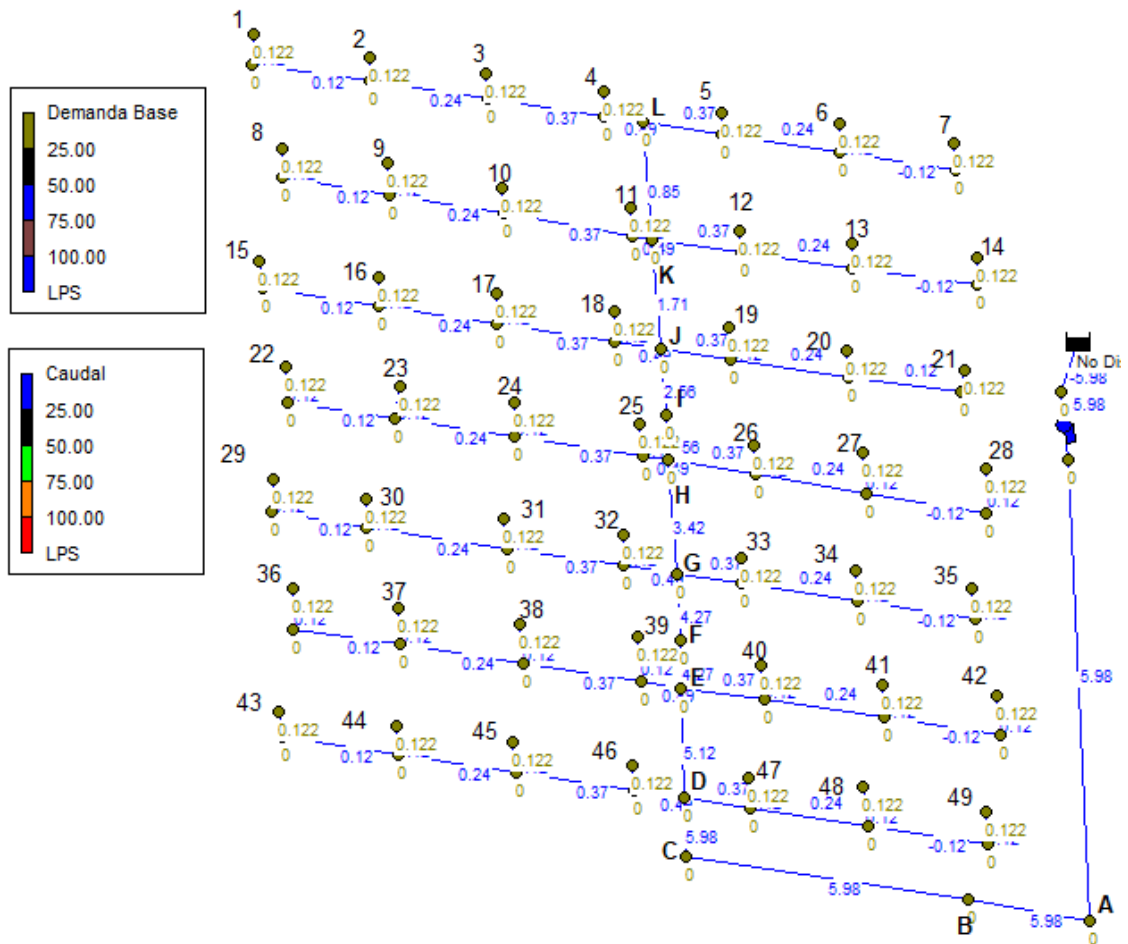


Figura 22-3: Análisis de caudal
 Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.6 Replanteo

Dentro de este apartado se realizó el replanteo del terreno que corresponde a realizar las mediciones del área en construcción mediante una visita técnica en el cual se determinó los cuatro vértices del área del proyecto, así como los puntos exactos de la tubería principal, tubería secundaria y tuberías terciarias. Para ello se utilizan estacas de madera para señalar los puntos iniciales y finales de cada una de las líneas por donde se instalará la tubería.



Figura 23-3: Replanteo del Proyecto.

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.7 Excavaciones

Para realizar las excavaciones se debe colocar estacas en la parte inicial y final para posteriormente ubicar una piola desde el punto inicial hasta el punto final de cada una de las filas terciarias, luego realizar una limpieza de todos los escombros que se encuentren por su paso, estos pueden ser tallos, hojas, palos, raíces de árboles, etc. Una vez que está completamente limpio se procede a realizar la excavación con una palilla que tiene un ancho de 16 cm por una profundidad de 31cm. Este procedimiento se debe realizar para cada una de las líneas terciarias, líneas secundarias y líneas principales. Se debe tener muy en cuenta al momento de realizar las excavaciones si tiene que pasar por una planta, realizar un tipo túnel por debajo de la cepa o de las raíces de la planta para que pueda atravesar la tubería(Pereira 2005). Las raíces de las plantaciones de banano se encuentran hasta una profundidad de 20 cm, lo cual si la tubería debe pasar justo por donde está ubicado una planta de banano tenemos 10 cm para poder realizar un tipo túnel para que pueda atravesar la tubería y evitar que se tenga que remover dicha planta, simplemente se recomienda al propietario colocar unos puntales para evitar que la planta sufra un volcamiento por la remoción de tierra.



Figura 24-3: Excavaciones

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.8 Adquisición de Materiales

Para la compra de la lista de materiales se proyectó en el modelado hidráulico que se realizó el diseño mediante el software EPANET así mismo como en el plano hidráulico en el cual se puede apreciar los diámetros, longitudes y accesorios necesarios para la construcción de nuestro sistema de riego. Es necesario aclarar que se realizaron tres modelos del cual se escogió el más viable y factible para nuestro sistema, dentro de este contexto se consideró la disponibilidad de materiales de las casas comerciales o distribuidores de accesorios para sistemas de riego por aspersión. A continuación, se presenta la lista de materiales para la adquisición.

Tabla 14-3: Lista de Materiales.

NOMBRE: Miguel Pastuña	Fecha: 29/01/2021
CIUDAD: LA MANA	

TUBERÍA			
Nº	DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
1	TUBO DE 25MMX6000MM, 1MPA E/C	190	mm
2	TUBO DE 50MMX6000MM, 0,63MPA E/C	10	mm
3	TUBO DE 63MMX6000MM, 0,63MPA E/C	8	mm
4	TUBO DE 75MMX6000MM, 0,63MPA E/C	6	mm
5	TUBO DE 110MMX6000MM, 0,63MPA E/C	25	mm
6	TUBO DE 90MMX6000MM, 0,63MPA E/C	29	mm
7	TUBO DE ASPIRACIÓN PARA BOMBA CENTRIFUGA 3' (IN)X15M	1	in

ACCESORIOS			
Nº	DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
1	VÁLVULA DE PIE 3' (IN)	1	in
2	MANÓMETRO RANGO DE 0 A 90 PSI	1	u
3	ADAPTADOR DE 3'X4' IN	1	in
4	TE DE 110 MM	1	mm

5	REDUCTOR BUJE DE 110X63MM	1	mm
6	REDUCTOR BUJE DE 110X90MM	1	mm
7	REDUCTOR BUJE DE 90X75MM	2	mm
8	REDUCTOR BUJE DE 75X63MM	2	mm
9	REDUCTOR BUJE DE 63X50MM	2	mm
10	TE DE 90MM	1	mm
11	TE DE 25MM	70	mm
12	CODOS DE 63MM	1	mm
12	CODOS DE 25MM	28	mm
13	LLAVE DE PASO 90MM	2	mm
13	ADAPTADOR HEMBRA C/R - E/C 25MM A 1/2 IN	100	mm
14	ADAPTADOR MACHO C/R - E/C 63MM A 2 IN PARA VÁLVULA	1	mm
15	LITRO DE PEGA PARA PVC	2	ltrs
16	ASPRESORES DOBLE SALIDA	100	u
17	TAPÓN DE 50 MM	2	mm
18	CRUZ DE 75X25 MM	4	mm
19	CRUZ DE 63X25MM	4	mm
20	CRUZ DE 50X25MM	6	mm

ELEMENTOS DE SEGURIDAD			
N ^a	DETALLES	CANTIDAD	UNIDAD
1	VÁLVULA DE AIRE/VACÍO 2 IN (ALUMINIO O PLÁSTICO)	1	in

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.9 Instalación

Posteriormente una vez que se encuentra realizado la excavación se procede a tender la tubería en base a lo establecido el plano hidráulico en el cual se detallan los diámetros y longitudes de tubería para cada uno de los tramos, partimos desde la tubería principal que se proyecta a partir de la impulsión de la bomba, el tendido se realiza por tramos el primer tramo comprendido por AB que tiene una longitud de 44m que corresponden a 7 tubos de diámetro de 110 mm con un adicional de 2m, seguido del tramo BC que tiene una longitud de 30 m que corresponden a 5 tubos de 110 mm de diámetro, posteriormente el tramo BD que tiene una longitud de 108 m que corresponde a 18 tubos de 110 mm de diámetro, seguido del tramo DE que tiene una longitud de 163 m que corresponde a 27 tubos de 90 mm de diámetro, los tramos EF y EI que tiene una longitud de 24 m que corresponde a 4 tubos de 75 mm de diámetro tanto para el bloque 1 como para el bloque 2, los tramos FG e IJ que tienen una longitud de 24 m cada uno que corresponde a 4 tubos de 63 mm de diámetro, y los tramos GH y JK que tienen una longitud de 30 m cada uno que corresponde a 5 tubos de 50 mm de diámetro por cada bloque. Finalmente se tiende la tubería de los tramos 1-7, 8-14, 15-21, 22-28, 29-35, 36-42 y 43-49 los cuales corresponden a las tuberías terciarias, cada tramo tiene una longitud de 72 m que corresponde a 12 tubos de 25mm de diámetro para cada bloque. Finalmente se realiza las conexiones y soldado de los tubos, accesorios, como las te, codos, válvulas, cruz, reductores, ensambles de plintos, tapones, etc. Para la suelda de los tubos se tiene que verificar que las campanas de la tubería este completamente limpio se recomienda limpiar con waípe para que no contenga residuos de tierra, humedad, solidos, que

permitan que los tubos se puedan unir o soldar con facilidad, para ello se utilizó una pega para PVC de la marca WELD-ON la misma que presenta las siguientes características.

- Viscosidad regular
- Secado rápido
- Color transparente

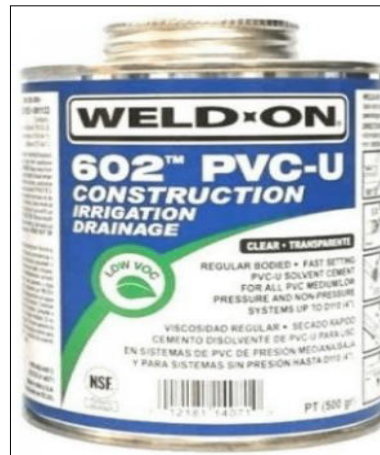


Figura 25-3: Pegamento Weld-ON
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020



Figura 26-3: Tendido de Tubería
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020



Figura 27-3: Instalación
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.10 Fundición de Plintos

Para la fundición de plintos se utilizó cartón prensado de banano para dar la forma circular, ripio fino, cemento, carretilla, palas, agua para realizar la mezcla, baldes, guantes. Se utilizó una composición de 2 carretillas de ripio para un quintal de cemento. Esta mezcla se realizó en campo así como la fundición de plintos, cada plinto tiene un diámetro de 10 cm y una altura de 75cm, que corresponde a un volumen equivalente de 0.00589 metros cúbicos. Se conforma un cilindro a partir del cartón prensado y se coloca una cinta para mantener el cilindro, esto se ubica en cada uno de los puntos de consumo para darle firmeza se coloca tierra alrededor del cartón para finalmente colocar el concreto dentro del cilindro, se debe cubrir los adaptadores o puntos de salida con algún tipo de protección para evitar que el concreto ingrese dentro de la tubería y pueda provocar algún taponamiento al momento de poner en operación el sistema.



Figura 28-3: Fundición de Plintos
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.11 Embalse/Represa

El embalse del cual se va utilizar el fluido para nuestro sistema de riego cuenta con una longitud de 20 m y un ancho de 5m y una profundidad de 3 m, es decir cuenta con un volumen de 300 m³ de agua represada. Esta represa se realizó con maquinaria pesada retroexcavadora para lograr remover los escombros y obtener este volumen. Se alimenta mediante una vertiente propia del lugar, es decir es un tipo de agua limpia. Para evitar que la bomba succione aire o algún tipo de sedimentos suspendidos y pueda afectar los accesorios y la bomba de nuestro sistema se ha considerado un colchón de agua que corresponde a un volumen de 100 m³, con esto tenemos un volumen disponible a regar en nuestros bloques del sistema de riego de 200 m³ para el cual se realiza el cálculo de tiempo disponible para regar.

CALCULO DE TIEMPO DE REGADO

Datos:

$$Q = 5.98 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

$$V = 200m^3$$

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$t = \frac{V}{Q}$$

$$t = \frac{200m^3}{5.98 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}}$$

$$t = 33444.82 s$$

$$t = 9 \text{ horas}$$

En función a este cálculo se determina que el operador tiene nueve horas disponibles para operar nuestro sistema de riego manteniendo un volumen de agua en reserva de 100 m³ para evitar que la bomba succione algún sedimento suspendido o simplemente aire y provoque alguna avería en nuestro sistema o taponamiento de tuberías y accesorios que ponga en peligro pese a que cuenta con su respectivo filtro en la tubería de succión.



Figura 29-3: Represa.
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.12 Instalación de la bomba

Desacuerdo a la planificación una vez que se tiene instalado la tubería en campo, realizado las respectivas conexiones de tuberías y accesorios, se procede a la instalación de la bomba centrífuga de 3 in x 3 in, cuenta con una potencia de 8 HP, una velocidad máxima de 3600 RPM y una altura de bombeo de 60 mca, para lo cual se requiere de una tubería de aspiración de una longitud de 15m y 3 pulgadas de diámetro, así mismo de una válvula ckeck tipo trampa con rejilla, las conexiones de la tubería de aspiración es mediante acoples rápido y de la tubería de impulsión mediante acople rápido con rosca y soldable, además se realizó la implementación de una cuarto de máquinas para evitar que este a la intemperie y brindar seguridad de los equipos y accesorios instalados. A continuación, se presenta las características de la bomba.

Tabla 15-3: Características del Equipo de Impulsión.

CARACTERISTICAS	
Código IBCA	JET-PRO 3 X 3 AROS-186FA
Diámetro de Salida	3"
Diámetro de Entrada	3"
Caudal (GPM)	80
Presión PSI (TDH)	60/40 m
Motor Marca	JET-PRO
HP - modelo	8 HP / 186FA
R.P.M.	3000-3600
Tipo de Arranque	Manual/eléctrico
Consumo Combustible al 50% carga	2 l/ hora
Capacidad del Tanque	5.5 l
Modelo sello mecánico	HG-35 X 50
Capacidad de aceite en Carter	1.8 l
Aceite	SAE 15W40

Fuente: Catalogo bombas Jet. 2007



Figura 30-3: Instalación de la Bomba

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.13 Verificación de fugas

Para verificar si existe o no fugas en nuestro sistema, una vez que está realizada las conexiones de tubería y accesorios se pone en funcionamiento el sistema para realizar una inspección de las uniones, válvulas, derivaciones, tapones y accesorios instalados. Luego de realizar esta prueba de fugas se procede al relleno de las zanjas donde está ubicada nuestra tubería.



Figura 31-3: Previo a la inspección de fugas

Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

3.14 Protocolo y pruebas de funcionamiento

Dentro del protocolo de pruebas, en base a un muestreo se ha determinado que se debe verificar en treinta puntos de consumo de un total de cuarenta y nueve que tiene un bloque, tanto los parámetros de presión y caudal necesario para la operación de los aspersores detallados anteriormente, enfocados en esta verificación se ha utilizado un manómetro de glicerina que presenta un rango de 0 a 90 Psi, para verificar la presión en los puntos más críticos de nuestro bloque del sistema, de la misma manera para verificar el caudal que llega a cada uno de los puntos de consumo donde están operando nuestros aspersores se ha requerido de una recipiente de 4 litros y de un cronometro para la toma de datos necesarios y posteriormente realizar los cálculos pertinentes para obtener el caudal que está llegando a nuestros punto de consumo cuando está operando nuestro sistema. En base a estos procedimientos se presenta la siguiente tabla donde se detalla los parámetros de los puntos más críticos los mismos que se encuentran identificados en nuestro plano hidráulico así mismo como en el plano topográfico de nuestro sistema de aspersión.



Figura 32-3: Verificación de los Parámetros de diseño
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020



Figura 33-3: Presiones del aspersor.
Realizado por: Brito, J., & Tene, M. 2020

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Posterior a las pruebas de funcionamiento se ha realizado el procesamiento de los datos mediante una hoja de cálculo Excel, para la lectura de los datos de presión se ha tomado de manera directa mediante la caratula del manómetro, para este procedimiento se ha implementado un manómetro de glicerina, la escala de color rojo representa la presión en unidades de Psi el mismo que pertenece al sistema inglés. Y la escala de color negro representa la presión en Bar que corresponde al sistema internacional de unidades. Para obtener el valor de caudal que está en los puntos analizados se ha realizado un registro del volumen de agua y mediante un cronometro se ha medido el tiempo de llenado de un recipiente de 4 litros. Este procedimiento se realizó en cada uno de los puntos especificados en la siguiente tabla que corresponden a un bloque del sistema de riego por aspersión.

Tabla 16-4: Resultado de Pruebas de Funcionamiento.

PROTOCOLO DE PRUEBAS			
Nº	ID Plinto	Presión (PSI)	Caudal (LPS)
1	1	19	0.119
2	2	20	0.121
3	3	20	0.120
4	4	19	0.119
5	5	19	0.121
6	6	20	0.120
7	7	20	0.120
8	8	19	0.120
9	11	18	0.120
10	14	20	0.120
11	15	20	0.119
12	18	19	0.120
13	21	19	0.120
14	22	20	0.119
15	25	20	0.120
16	28	19	0.121
17	29	19	0.119
18	32	21	0.120
19	35	21	0.120
20	36	19	0.119
21	39	19	0.121
22	41	21	0.121
23	42	21	0.120
24	43	19	0.120
25	44	19	0.120
26	45	19	0.120
27	46	20	0.119
28	47	21	0.120
29	48	21	0.121
30	49	20	0.121

Fuente: Brito, J., & Tene, M. 2020

CONCLUSIONES

- Se determinó la topografía (altitud) del área de construcción equivalente a 1,34 ha mediante la aplicación del software QGIS (software de licencia gratuita), obteniendo una altitud máxima de 293,707 msnm y una altitud mínima de 289,294 msnm. Se tiene un desnivel geométrico de 4,413 m.
- Se realizó y se determinó un modelo hidráulico mediante el cual se establece los diámetros de tubería mediante la aplicación del software EPANET (de licencia gratuita). Los diámetros varían desde 25mm hasta 110mm, para cumplir con los requerimientos de presión y caudal en cada punto de consumo, los aspersores requieren de una presión óptima de funcionamiento 15mca y un caudal de 0,12 LPS.
- Se construyó el sistema de riego en base a los requerimientos de los aspersores de tipo doble salida de 0,5 in que tiene un alcance de 18 m de diámetro.

RECOMENDACIONES.

- Se recomienda realizar el pre diseño de un sistema de riego en función del punto más crítico de nuestro estudio topográfico, para garantizar que los parámetros de diseño de los demás puntos de consumo se encuentren dentro del rango de operación.

- Es satisfactorio implementar un sistema de ferti-riego que permita inyectar mezclas de productos fertilizantes a nuestro sistema de riego, pueden ser estos orgánicos e inorgánicos.

- Los plintos están propensos a sufrir deterioros por volcamiento de las plantas de banano, para ello se recomienda implementar un sistema de protección de plintos, además se sugiere brindar el mantenimiento adecuado a los aspersores para que se deterioren.

- Al momento de seleccionar de la bomba si intersecamos el caudal y altura requerida, en un caso particular que no coincida precisamente dicho punto con la curva característica siempre se debe tomar la curva superior, pero se debe realizar las correcciones pertinentes para que la curva característica de la bomba coincida con el punto de funcionamiento, estas correcciones pueden ser recorte de rodete, aplicación de un variador de frecuencia, incremento de una válvula para aumentar las perdidas, etc.

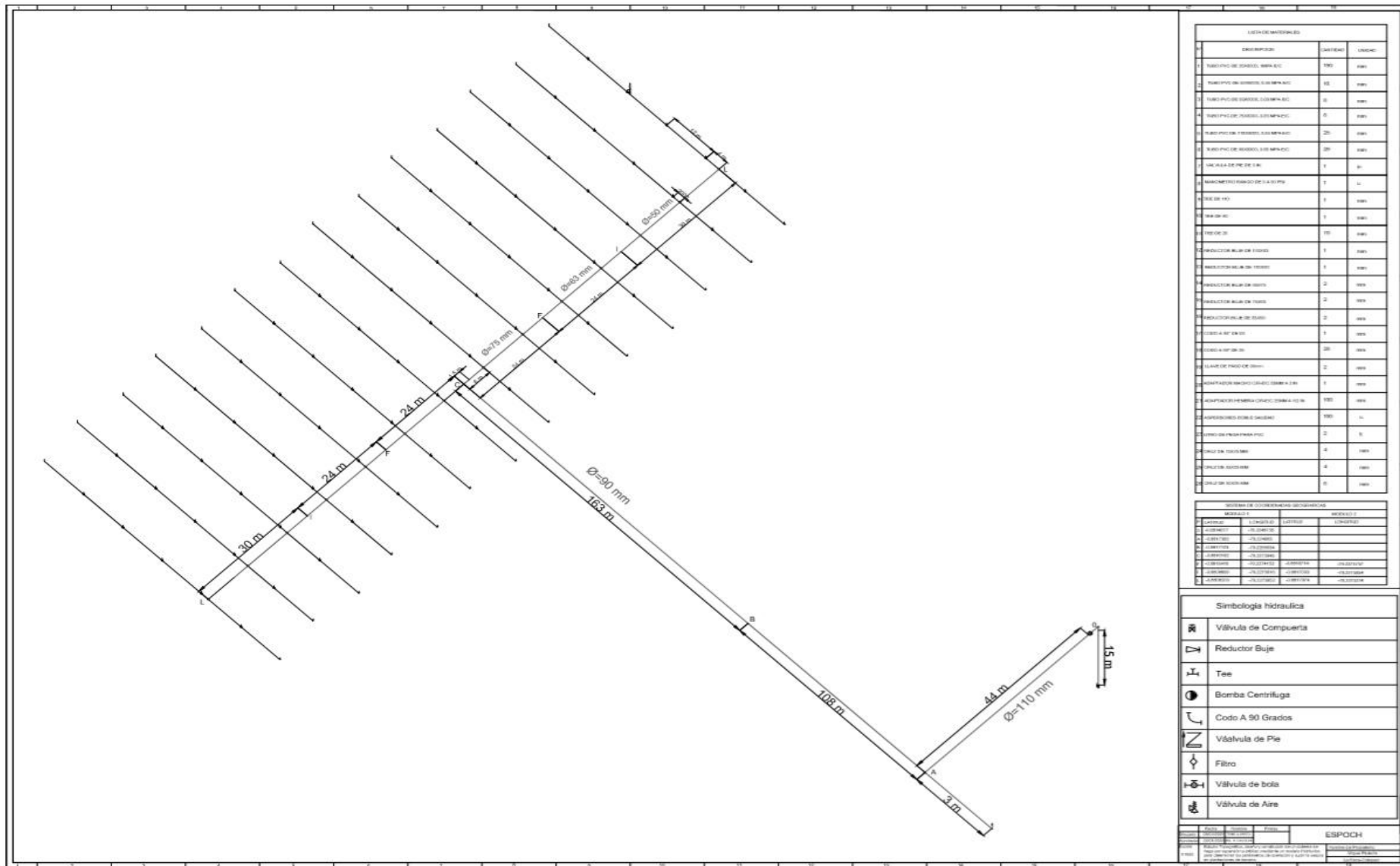
BIBLIOGRAFIA

- AGRICULTURERS, Lo que deben saber sobre el riesgo de aspercion. [En Línea] 2015.
Disponible en: <https://agriculturers.com/lo-que-debes-saber-sobre-el-riego-presion/>.
- ATRIUM, B., GRUPO, A. y OCEANO, E.,. Conceptos Basicos de Hidraulica. [En Línea] 2016.
Disponible en: <https://docplayer.es/47088593-Conceptos-basicos-de-hidraulica.html>
- BELÉN, M. y STACEY, V., Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Maestria). Universidad San Francisco de Quito, Ecuador 2012. pp. 17-22.
Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1991/1/103686.pdf>.
- BLANCO, E., VELADRE, S. y FERNANDEZ, J., *Sistemas de bombeo*. 1994. s.n. ISBN 8460496775.
- DE BAEZ, Y.J., Riego Por Aspersión. *Lírica cortesana y lírica popular actual*, 2019. pp. 94-97.
DOI 10.2307/j.ctvbc15p.7.
- DEL, G. y PRACTICO, T., Diseño de un sistema de riego por aspersión. *Hidrología*, 2000. pp. 1-11.
- DEMIN, P., Métodos de riego : fundamentos , usos y adaptaciones. *Aporte para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego*. [En Línea], 2014. pp. 1-24. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_aportes_para_el_mejoramiento_del_manejo_de_los_sistemas_de_riego.pdf.
- EXTENDIDO, B.D.E.,. Universidad Central del Ecuador Universidad Central del Ecuador. , no. Figura 1, 2012. pp. 2-3.
- FERNANDEZ GOMEZ, R.,. *Riego Por Aspersión*. Sevilla: s.n. 2010. ISBN 9788484741343.
- GUTIÉRREZ, V.A.G.,. QGIS: Geografía, Computación, Matemáticas. *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 6, no. 11, 1967. pp. 951-952. ISSN 1098-6596.
- JAIME, P. y ARROYO, P.,. Riegos por aspersión. [En Línea], 1955. pp. 5-18. Disponible en: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1955_13.pdf
- MACHUCA-MARTINEZ, F.,. Eug`ene Bourdon y la evoluci´on del man´ometro. *Sciences-New York*, vol. 1601, 2010. pp. 1-10.
- MARTÍN REINA, G.,. Tema 6: Bombas centrífugas. *Manual para el diseño de una red hidráulica de climatización* [En Línea], 2012. pp. 137-175. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5091/>.
- MARTÍNEZ, F.,. EPANET. Una potente herramienta para el análisis de redes de distribución de agua a presión. *Revista Hidropres. Tecnología de captación, gestión y tratamiento del agua*. [En Línea], 2003 pp. 30-37. [Consulta: May 2003]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/293145482_EPANET_Una_potente_herramienta_para_el_analisis_de_redes_de_distribucion_de_agua_a_presion.

- MONGE,. Las tuberías y su caracterización. *Iagua* [En Línea], 2019. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/tuberias-y-caracterizacion-parte-i>.
- MORERA, R.S., Diseño de un sistema de riego por aspersión aplicado al modelo productivo de agrícola industrial Sukia s.a. , 2019. pp. 117.
- NETAFIM, Valvulas de Riego de Precisión. [En Línea], 2019. pp. 10. Disponible en: <https://www.netafim.com.mx/productos-y-soluciones/nuestros-productos/valvulas/#:~:text=Las válvulas son los guardianes,funcionamiento óptimo y cultivos uniformes.>
- NORMAS, D.G.D.E., Fomento Industrial Norma Mexicana Nmx-O-141-1971 Funcionamiento Para Bombas Centrifugas. , 1971.
- NUEVO, D., 2016. Medidores de Caudal. *Tecpa* [En Línea]. Disponible en: <https://www.tecpa.es/medidores-de-caudal-en-edar/>.
- ORTIZ ROMERO, J.N., MIRANDA, H.A. y PEROZA, D., Distribución del agua bajo riego por aspersión y su efecto sobre el cultivo de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Cientifica UDO Agrícola*, vol. 12, no. 1, 2012. pp. 106-116. ISSN 13179152.
- PEREIRA, M.A., Sistema de Riego por Aspersión. [En Línea], 2005. , pp. 8-9. Disponible en:
- QUIROZ FRIAS, D.F., Construcción e implementación de un sistema de bombeo de tanques elevados controlado por un plc. [En Línea], 2016. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/15213>.
- RINCÓN, M., VARGAS, W. y GONZÁLES, C., Conceptos y Aplicaciones. *Topografía Conceptos Y Aplicaciones*, 2011. pp. 121.
- SAB, El caudal del agua en riego por goteo. *Sadspa* [En Línea]. 2020. Disponible en: <https://www.sabspa.com/es/el-caudal-del-agua-en-riego-por-goteo/>.
- TORRES JARAMILLO, J.C., Universidad técnica de babahoyo. [En Línea], 2012. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6025/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000139.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La densidad de siembra varía,En su orden.>
- TRAXCO, Prefiltro Autolimpiante. *Traxco.es* [En Línea]. 2012. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/prefiltro-autolimpiante>.
- UNIVERSO, Sistemas de riego: Complementan la actividad agrícola. *eluniverso.com* [En Línea]. 2016. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/tendencias/2016/11/29/nota/5928832/sistemas-riego-complementan-actividad-agricola/>.
- VERDES, B., La importancia de la temperatura del Agua. *brotos verdesonline* [En Línea]. 2020. Disponible en: <https://brotosverdesonline.com/1564-temperatura-del-agua#:~:text=Efectivamente%2C la temperatura del agua,encontrarse entre 20C y 23C.>

ANEXOS

ANEXO A: PLANO HIDRÁULICO



LISTA DE MATERIALES			
ID	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	TUBERÍA DE CEMENTO 100 mm Ø	180	mm
2	TUBERÍA DE CEMENTO 150 mm Ø	65	mm
3	TUBERÍA DE CEMENTO 200 mm Ø	20	mm
4	TUBERÍA DE CEMENTO 250 mm Ø	5	mm
5	REDUCTOR 100/150 mm Ø	20	mm
6	REDUCTOR 150/200 mm Ø	20	mm
7	REDUCTOR 200/250 mm Ø	20	mm
8	VÁLVULA DE PIE 2" Ø	1	Ø
9	MANOMETRO 100 mm Ø x 10 cm	1	L
10	DE DE 100	1	mm
11	DE DE 150	1	mm
12	DE DE 200	1	mm
13	DE DE 250	1	mm
14	REDUCTOR 100/150	1	mm
15	REDUCTOR 150/200	1	mm
16	REDUCTOR 200/250	1	mm
17	REDUCTOR 100/150	1	mm
18	REDUCTOR 150/200	1	mm
19	REDUCTOR 200/250	1	mm
20	REDUCTOR 100/150	1	mm
21	REDUCTOR 150/200	1	mm
22	REDUCTOR 200/250	1	mm
23	REDUCTOR 100/150	1	mm
24	REDUCTOR 150/200	1	mm
25	REDUCTOR 200/250	1	mm
26	REDUCTOR 100/150	1	mm
27	REDUCTOR 150/200	1	mm
28	REDUCTOR 200/250	1	mm
29	REDUCTOR 100/150	1	mm
30	REDUCTOR 150/200	1	mm
31	REDUCTOR 200/250	1	mm
32	REDUCTOR 100/150	1	mm
33	REDUCTOR 150/200	1	mm
34	REDUCTOR 200/250	1	mm
35	REDUCTOR 100/150	1	mm
36	REDUCTOR 150/200	1	mm
37	REDUCTOR 200/250	1	mm
38	REDUCTOR 100/150	1	mm
39	REDUCTOR 150/200	1	mm
40	REDUCTOR 200/250	1	mm
41	REDUCTOR 100/150	1	mm
42	REDUCTOR 150/200	1	mm
43	REDUCTOR 200/250	1	mm
44	REDUCTOR 100/150	1	mm
45	REDUCTOR 150/200	1	mm
46	REDUCTOR 200/250	1	mm
47	REDUCTOR 100/150	1	mm
48	REDUCTOR 150/200	1	mm
49	REDUCTOR 200/250	1	mm
50	REDUCTOR 100/150	1	mm
51	REDUCTOR 150/200	1	mm
52	REDUCTOR 200/250	1	mm
53	REDUCTOR 100/150	1	mm
54	REDUCTOR 150/200	1	mm
55	REDUCTOR 200/250	1	mm
56	REDUCTOR 100/150	1	mm
57	REDUCTOR 150/200	1	mm
58	REDUCTOR 200/250	1	mm
59	REDUCTOR 100/150	1	mm
60	REDUCTOR 150/200	1	mm
61	REDUCTOR 200/250	1	mm
62	REDUCTOR 100/150	1	mm
63	REDUCTOR 150/200	1	mm
64	REDUCTOR 200/250	1	mm
65	REDUCTOR 100/150	1	mm
66	REDUCTOR 150/200	1	mm
67	REDUCTOR 200/250	1	mm
68	REDUCTOR 100/150	1	mm
69	REDUCTOR 150/200	1	mm
70	REDUCTOR 200/250	1	mm
71	REDUCTOR 100/150	1	mm
72	REDUCTOR 150/200	1	mm
73	REDUCTOR 200/250	1	mm
74	REDUCTOR 100/150	1	mm
75	REDUCTOR 150/200	1	mm
76	REDUCTOR 200/250	1	mm
77	REDUCTOR 100/150	1	mm
78	REDUCTOR 150/200	1	mm
79	REDUCTOR 200/250	1	mm
80	REDUCTOR 100/150	1	mm
81	REDUCTOR 150/200	1	mm
82	REDUCTOR 200/250	1	mm
83	REDUCTOR 100/150	1	mm
84	REDUCTOR 150/200	1	mm
85	REDUCTOR 200/250	1	mm
86	REDUCTOR 100/150	1	mm
87	REDUCTOR 150/200	1	mm
88	REDUCTOR 200/250	1	mm
89	REDUCTOR 100/150	1	mm
90	REDUCTOR 150/200	1	mm
91	REDUCTOR 200/250	1	mm
92	REDUCTOR 100/150	1	mm
93	REDUCTOR 150/200	1	mm
94	REDUCTOR 200/250	1	mm
95	REDUCTOR 100/150	1	mm
96	REDUCTOR 150/200	1	mm
97	REDUCTOR 200/250	1	mm
98	REDUCTOR 100/150	1	mm
99	REDUCTOR 150/200	1	mm
100	REDUCTOR 200/250	1	mm

SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
PROYECTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	COORDENADA Z
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Simbología hidráulica	
	Válvula de Compuerta
	Reductor Buje
	Tee
	Bomba Centrífuga
	Codo A 90 Grados
	Válvula de Pie
	Filtro
	Válvula de bola
	Válvula de Aire

ESPOCH			
FECHA	PROYECTO	PROYECTANTE	REVISOR

ANEXO B: REPLANTEO



ANEXO B: EXCAVACIONES





ANEXO C: MATERIALES





ANEXO D: TENDIDO DE TUBERÍA





ANEXO E: CONEXIONES



ANEXO F: FUNDICION DE PLINTOS



ANEXO G: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO



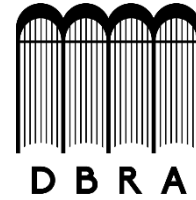
ANEXO H:

CASA DE MAQUINAS





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO



DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 18 / 10 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: JEFFERSON ISRAEL BRITO VEGA MARCO GUILLERMO TENE NARVÁEZ
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: MECÁNICA
Título a optar: INGENIERO MECÁNICO
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

