PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
MANABÍ CAMPUS CHONE

CARRERA DE INGENIERIA HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN EL DISEÑO Y MONTAJE DE HIDROPONÍA PARA EL CULTIVO DE PIMIENTO.

PREVIO AL TÍTULO:

INGENIERO HIDRÁULICO.

AUTORES:

MARY CARMEN CORNEJO FLORES

MICHELLE ESTEFANÍA MONGE ERAZO

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. JESÚS CHAVARRÍA PÁRRAGA, M. Sc.

OCTUBRE 2020

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CURRICULAR

En mi disposición de Tutor de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Carrera Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

_____

Ing. Jesús Chavarría Párraga, M. Sc.
CI.:130827219-2

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica, Sede Manabí.

_____

Ing. Jesús Chavarría Párraga, M. Sc.
PRIMER LECTOR

_____ _____

Ing. Fabián Espinales Cedeño Mg. Ing. Michael David Caicedo Toro Mg.
SEGUNDO LECTOR TERCER LECTOR

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Este manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de los autores, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

Mary Carmen Cornejo Flores

Dirección: Avda. Carlos Alberto Aray y Benito Santos Macay

E-mail: he-419@pucem.edu.ec

Celular: 0962073072

Michelle Estefanía Monge Erazo

Dirección: Avda. 14 de Agosto

E-mail: he-420@pucem.edu.ec

Celular: 0939632491

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR Y CO-AUTOR

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación cómo bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.



Mary Carmen Cornejo Flores
C.I.: 1313437319



Michelle Estefanía Monge Erazo
C.I.: 1313709048

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a Dios, quien supo guiarme por el buen camino; a mis padres Carmen y Rafael mi apoyo incondicional, amor infinito, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, mis logros se los debo a ellos. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero me motivaron siempre ah cumplir mis sueños de superación.

A mi niña Natasha, mi inspiración a ser mejor, a superarme, mi alegría diaria, mi motivación más grande para conducir con éxito este proyecto de tesis.

A mi esposo por su tiempo, por su ayuda brindada en todo momento, por tu motivación y amor constante.

A mi hermano y sobrinos por su amor y cariño fundamental en mi vida.

Mary Carmen Cornejo Flores

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado principalmente a mis padres Luis Monge Navarrete y María Erazo Alcívar que son el pilar fundamental de mi vida, gracias por todo sus esfuerzos para ayudarme a terminar mi carrera, por la motivación que siempre me dieron y el apoyo incondicional que me brindaron durante todo este tiempo, gracias por creer en mí .

Dedicado también a mis hermanos Luis, Pierina y a los familiares que siempre me estuvieron apoyando en todo este camino muchas gracias.

Michelle Estefanía Monge Erazo.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecerle a mi querida Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí, por permitirme ser parte de ella y culminar mi carrera en tan prestigiosa institución.

Mi agradecimiento eterno al ing. Jesús Chavarría Parraga, tutor de tesis, por la guía, paciencia, conocimientos científicos, motivación en nuestra investigación

Para culminar agradezco a todos los docentes, por compartir sus conocimientos, por la motivación diaria, en especial a nuestro director académico de nuestra carrera Ing. José Alarcón, excelente profesional y ser humano.

Mary Carmen Cornejo Flores.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al Ing. Jesús Chavarría Párraga como mi tutor de tesis por su ayuda y conocimientos brindados durante todo el proceso, asimismo agradezco a cada uno de los ingenieros que por lo largo de la carrera de Ingeniería Hidráulica con sus conocimientos impartidos me guiaron y estuvieron siempre dispuestos para aclarar cualquier duda y gracias a todos ahora puedo estar concluyendo mi carrera universitaria.

Michelle Estefanía Monge Erazo.

RESUMEN

Esta investigación cuantitativa determinó los parámetros hidráulicos en el diseño y montaje de hidroponía para el cultivo de pimiento, con el sistema hidropónico de la técnica de la película de nutriente (NFT, por sus siglas en inglés), optimizando el recurso hídrico. Consecuentemente, esta investigación se realizó en el cantón Chone, sitio Garrapata, durante junio y julio de 2020. Los datos de los parámetros hidráulicos (viscosidad cinemática, coeficiente de fricción y pérdidas de cargas), se obtuvieron mediante los métodos de *Darcy* y *Hazen*; el potencial de hidrógeno (pH), se determinó mediante instrumentos portátiles (conductímetro y peachímetro); y el volumen y tiempo de llenado de cada sistema, se comprobó mediante una guía diaria. La ecuación de *Hazen-Williams* muestra valores de 0,00137m y 0,000231m para los sistemas de 4" y 6" respectivamente; la ecuación de *Darcy-Weisbach* obtiene valores de 0,0012m.c.l., en el sistema de 4" y 0,0013m.c.l., en el de 6". La pérdida de carga entre 0,00022m.c.l. - 0,00024 m.c.l. Los resultados del pH diario corresponden a 6,5; conductividad eléctrica (CE)= 1,5 a 1,72µS/cm y temperaturas de 24,6°C a 32,2°C. Los resultados del volumen y tiempo de llenado por sistema corresponden a 0,0015m^3/sg en el de 4" y 0,0016 m^3/sg en el de 6", destacándose que *Darcy-Weisbach* arroja resultados más exactos por la incidencia de la viscosidad cinemática y del coeficiente de fricción. En conclusión, los parámetros hidráulicos evaluados proporcionan agua de óptima calidad en los sistemas, para la absorción de nutrientes en las plántulas.

Palabras clave: viscosidad, fricción, *Darcy-Weisbach, Hazen-Williams*, CE

ABSTRACT

This quantitative research study determined hydraulic parameters in the design and assembly of hydroponics for growing peppers, by using the hydroponic system of the nutrient film technique (NFT) in order to optimize the water resource use. Thus, this research study was carried out in Chone Canton, in the hamlet of Garrapata from June through July 2020. Data about hydraulic parameters (kinematic viscosity, friction coefficient and pressure losses) were collected using the Darcy and Hazen methods; the potential of hydrogen (pH) was measured by using portable instruments (a conductivity meter and a pH meter); volume and filling time of each system was checked using a daily log. The Hazen-Williams equation shows values of 0.00137m and 0.000231m for the 4" and 6" systems respectively; the Darcy-Weisbach equation delivers values of 0.0012m.l.c. in the 4" system and 0.0013m.l.c. in the 6" system. The pressure losses range from 0.00022m.l.c. to 0.00024 m.l.c. The daily pH results correspond to 6.5; electrical conductivity (G) = 1.5 to 1.72μS/cm, and temperatures range from 24.6° C to 32.2 ° C. The results of the volume and filling time per system correspond to 0.0015m3/s in the 4" and 0.0016 m3/s in the 6", emphasizing that Darcy-Weisbach equation delivers more accurate results because of the incidence of kinematic viscosity and friction coefficient. In conclusion, the hydraulic parameters evaluated in this research provide optimal water quality in the systems, for seedling nutrient absorption.

Keywords: viscosity, friction, Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, G

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CURRICULAR i
ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL..... ii
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD iii
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR Y CO-AUTOR iv
DEDICATORIA v
DEDICATORIA vi
AGRADECIMIENTO..... vii
AGRADECIMIENTO..... viii
ABSTRACT x
INTRODUCCION 1
MATERIALES Y MÉTODOS 3
CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR 3
Equipos y Materiales 5
CARACTERISTICAS DEL AREA EXPERIMENTAL CULTIVO HIDROPONICO DE PIMIENTO..... 6
MÉTODOS 7
Parámetros considerados en la investigación 7
Estimación de los parámetros considerados en la investigación..... 7
Procedimiento para determinar la conductividad eléctrica del sistema hidropónico 7
Procedimiento para la determinación de pH del sistema hidropónico 7
Evapotranspiración 8
Perdida De Carga 8
Número de Reynolds..... 9
Viscosidad Cinemática..... 9
Coeficiente de fricción 9
Velocidad 10
MANEJO DEL ENSAYO 10
RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN 11
ASPECTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO..... 12
RESULTADOS Y DISCUSIÓN 16
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO 25
CONCLUSIONES 28

Bibliografía..... 29
ANEXOS FOTOS 34

ÍNDICES DE TABLAS

Tabla: 1 Datos climatológicos promedio del 2000 al 2012. 4
Tabla 2: Área experimental de sistema hidropónico de 6" del cultivo de pimiento. 6
Tabla 3: Área experimental del sistema hidropónico de 4" del cultivo de pimiento. 6
Tabla 4: Medidas de las plantas del sistema de 4". 12
Tabla 5: Medidas de las plantas del sistema de 6". 13
Tabla 6: Resultados diario de pH, CE, temperaturas. 14
Tabla 7: Caudales para nuestros dos sistemas de 4" y 6." 16
Tabla 8: Número de Reynolds y viscosidad cinemática del sistema de 4". 16
Tabla 9: número de Reynolds y viscosidad cinemática del sistema de 6". 18
Tabla 10: Coeficiente de fricción del sistema de 4"..... 19
Tabla 11: Coeficiente de fricción del sistema de 6"..... 20
Tabla 12: Velocidad del sistema de 4" y 6" 22
Tabla 13: Pérdida de Hazen Williams y Darcy Weisbach del sistema de 4". 22
Tabla 14: Pérdida de Hazen Williams y Darcy Weisbach del sistema de 6". 23
Tabla 15: Costo Inicial de los dos sistemas hidropónicos. 25
Tabla 16: mantenimiento de los dos sistemas hidropónicos. 27
Tabla 17: Fase del cultivo (Kc) 32
Tabla 18: Coeficiente para perdida de Carga de Hazen Williams para diferentes materiales 33
Tabla 19: Rugosidad absoluta de materiales 33

INTRODUCCION

En la actualidad la mayoría de las técnicas de la agricultura ha conllevado a la explotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos para la producción de alimentos, lo cual ha producido aspectos negativos en el ecosistema, lo que ha implicado a indagar varios procesos para la optimización del uso del agua (Palacios & Escobar, 2016).

La hidroponía es considerada un cultivo manipulado por el ser humano, iniciando en la antigua Babilonia, en los populares Jardines Colgantes en lo que se instruyó pruebas triunfantes de cultivar plantas sin tierras. El vocablo griego HIDRO que significa agua y PONOS labor o trabajo; expresando trabajo en agua. Un sistema hidropónico NFT (la técnica de la película de nutriente) que admite el desarrollo de un cultivo sin presencia del suelo o tierra; rigiéndose al cultivo de las plántulas donde su desarrollo se facilitara por hidronutricionales (Beltrano & Gimenez, 2015).

La hidroponía es una técnica de producción de cultivos que riega las raíces de las plantas realizando una mezcla de nutrientes esenciales con el agua (Salazar, et al., 2014). El agua esta mezclada con macronutrientes como lo son Potasio, Nitrógeno, Fosforo y Calcio y micronutrientes Magnesio, Azufre y Hierro. Se debe cambiar el agua por lo menos una vez al mes de esta manera certificara que las plántulas consuman todos los nutrientes necesarios para su mejor desarrollo (FERTIBOX, 2019).

Gracias a la hidroponía que accede al consumo mínimo del líquido vital y pocos labores físicos, se puede producir vegetales y frutas de alta calidad en espacios reducidos y cosechar en cualquier mes del año; con dicha técnica de agricultura sin suelo podemos fortalecer la economía de nuestras familias (Marulanda, 2003).

En este sistema hidropónico el líquido vital conduce hasta la raíz de la planta los nutrientes necesarios para su buen crecimiento, esto permite que las raíces de la planta no se desplieguen tanto ya que no tienen la necesidad de buscar alimento como ocurre en el sembrío con tierra (Alpízar, 2004).

Recientemente se han suscitado problemas en producciones agrícolas todo esto en relación al agua, incidiendo la contaminación actual y su escasez de la misma, su proceso tendría complicaciones. Por eso se desea realizar una propuesta sostenible para el cultivo hidropónico que tengan periodos muy pequeños como lo es el pimiento, que todas sus características nos brindan ventajas, en beneficios, en economía y sobre todo en su productividad (INFOAGRO, 2018).

Cultivar vegetales o frutos en sistema hidropónico posee grandes ventajas manifestadas en diferentes países como son la alta producción, la calidad, color, textura y sabor del fruto o vegetal; ya que esta forma de cultivar no contiene químicos, nos beneficia por la eficiencia del agua, por ello realizar hidroponía de cultivo es apto ya que podemos formar programas de desarrollo productivo y social y es favorable para las familias que poseen estas microempresas (Caldeyro et al., s.f.).

Mediante la hidroponía se muestra desventajas como un costo inicial elevado por su implementación dependiendo la técnica a utilizar, requiriendo como principal aspecto una buena calidad de agua con los rangos señalados para el crecimiento del cultivo (Gilsanz, 2007).Instalar el sistema en un lugar donde se evite el exceso de humedad, se debe tener mucha atención al desarrollo y crecimiento diario de las plantas, tomar en cuenta la medida de su tallo ,cantidad de hojas y el color de su raíces (INFOAGRO, 2018).

El sistema hidropónico no regirá en cuestiones climáticas porque nos permite cultivar en cualquier época del año, regenerando la mejor calidad y aumento de tamaño de los vegetales o frutos, como una gran ventaja dicho método tiene menos probabilidad de agresiones de insectos (Beltrano & Gimenez, 2015).

Realizando un sistema hidropónico, nos permitirá tener controlado muchos aspectos del cultivo; el predilecto será el de la nutrición porque esto nos permitirá conocer con exactitud la concentración exacta que estaremos aportando nuestro cultivo. También podemos medir el pH y la conductividad eléctrica tanto en sus drenajes y su solución de nutrientes (Axayacatl, 2011).

La conductividad eléctrica es un espoliador del TDS que debe ser monitoreada en todo el transcurso del cultivo; El rango del CE demandado para el desarrollo de un cultivo es alrededor de 1,5 a 3,0μS/cm, esto de acuerdo al tipo de sembrío (Carrasco et al., 2007) ; Por otra parte debemos tomar en cuenta en nuestro cultivo el nivel de potencial de hidrogeno (pH) , ya que establece el nivel de acidez que posee una solución nutritiva, recomendando obtener un nivel de 5.5 a 6.5 pH para que nuestro cultivo pueda adaptarse favorablemente a los nutrientes, recordando que si los niveles del pH se exceden las plantas no tienen la nutrición adecuada (Amaya, 2016).

Los cultivos de pimiento son generalmente de color verde, luego llega a su maduración aquella que tiene como efecto el cambio de color según su variedad; su desarrollo es indeterminado, por lo que las plantas deben estar en una buena estructura para su buen crecimiento y floración (Howard, 2006).

Para tuberías de PVC de 3m de longitud uno de los argumentos dados es el diámetro de 90, 110,125 mm; una de las dificultades que pueden surgir a utilizar un sistema NFT de diámetro pequeño es que se estropeen las raíces de las plantas, para esto lo indicado es aplicar hidroponía en canales de base plana con diámetros mayores (Basterrechea, 2016).

El estudio a realizar se regirá con la normativa de NTF técnica de película de nutrientes, con diámetro de tuberías de 4 pulgadas y 6 pulgadas, empleando el cultivo de pimiento para la determinación de los parámetros hidráulicos como lo es: velocidad, pérdida de carga, temperatura, entre otros (Chavarria, 2019).

En lo mencionado anteriormente se ha autorizado esta indagación como objetivo general *la Determinación de los parámetros hidráulicos en el diseño y montaje de hidroponía para el cultivo de pimiento* y para el eficacia de este emprende los siguientes objetivos específicos *Establecer las características hidráulicas para el funcionamiento del sistema hidropónico para el cultivo de pimiento y Determinar el costo para la implementación y mantenimiento del sistema hidropónico para el cultivo de pimiento.*

MATERIALES Y MÉTODOS

CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

Localización

La actual investigación se realizó en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede regional Manabí (PUCEM), campus Chone.



Figura 1: Localización PUCEM Chone.

Fuente: Google Earth

Ubicación geográfica

Altitud: 36 msnm.

Latitud: - 00.3951

Longitud: - 80.0211

Tabla: 1 Datos climatológicos promedio del 2000 al 2012.

Mes	**Evaporación mm/día**	**Humedad relativa (%)**	**Precipitación mm/mes**	**Velocidad del viento m/s**
Enero	3.31	**91**	191.17	2.19
Febrero	3.293	**92**	304.43	2.3
Marzo	3.706	**91**	244.93	2.4
Abril	3.877	**91**	148.4	2.12
Mayo	3.135	**91**	44.15	2.09
Junio	2.817	**91**	12.08	1.87
Julio	3.171	**91**	13.12	1.93
Agosto	3.77	**89**	8.3	2.22

Septiembre	3.906	**89**	7.77	2.17
Octubre	3.958	**89**	7.71	2.24
Noviembre	4.041	**88**	11.15	2.72
Diciembre	3.375	**89**	6.27	**2.22**

Fuente: (INAMHI, 2017)

Equipos y Materiales

Materiales

- Bomba de 1 Hp, tuberías de 4", tuberías de 6", tuberías de 2", tuberías 1" presión, tee 2", tee 4", tee 1", codo 2", codo 4", codo 2" pegable, reductores de 160 x 110, reductores de 110 x 50, tapas de extremos de 4". tapas de extremos de 2" , tanque plástico, llaves de paso de 1", llaves de paso de 2", reductores de 2" a 1" pegable, reductores de 4" a 1" pegable, válvula de retención, cheque, adaptadores para tanque ,adaptadores macho enroscable pegable, nutrientes, canastillas, kalipega, extensión, esponja, teflón, alambre, inyectores, lija, lima, hoja de cierra, brocas, taladro .

Equipos

- Conductímetro y Peachimetro

Materiales de oficina

- Laptop, cuaderno, Calculadora, lapiceros y software Excel

Material Biológico

- Plántulas de pimiento, micronutrientes.

CARACTERISTICAS DEL AREA EXPERIMENTAL CULTIVO HIDROPONICO DE PIMIENTO

Tabla 2: Área experimental de sistema hidropónico de 6" del cultivo de pimiento.

Altura de estructura	1,70m
Separación de tubería	0,5m
Largo de tubería	3,00m
Diámetro de canastilla	0,046m
Separación entre plántulas	0,5m

Tabla 3: Área experimental del sistema hidropónico de 4" del cultivo de pimiento.

Altura de estructura	1,45m
Separación de tubería	0,5m
Largo de tubería	3,00m
Diámetro de canastilla	0,046m
Separación entre plántulas	0,5m

MÉTODOS

Parámetros considerados en la investigación

- pH del agua
- Conductividad eléctrica
- Evapotranspiración por métodos empíricos
- Variables a considerarse para la determinación de los parámetros hidráulicos

Estimación de los parámetros considerados en la investigación

Esta indagación nos muestra parámetros importantes para el desarrollo de un cultivo como lo son la medición de pH y conductividad eléctrica, esta evaluación se realizó una vez al dia, en la muestra de agua que existe en el tanque una vez realizado el drenaje (sacamos en un recipiente una toma del agua drenada). Estos instrumentos Peachimetro y Conductímetro son instrumentos portátiles que nos ayudan a la comprobación de la acidez del agua y el CE es la medición de la capacidad de un elemento para traer la corriente eléctrica.

Procedimiento para determinar la conductividad eléctrica del sistema hidropónico

1. Primeramente verificamos que el instrumento este en buen estado.
2. Encendimos el instrumento en botón ON/OFF HOLD.
3. Calibramos el Conductímetro con un ensayo, que utilizamos agua de bidón, tomando las medidas de total de solidos disueltos que no deben ser mayor a los 200 ppm, así tendremos verificado que nuestro equipo está correctamente calibrado.
4. En el último botón (MODE) le presionamos hasta que nos arroje los datos en us/cm ya que en el mismo instrumento podemos determinar la temperatura del agua.
5. Realizamos las lecturas de la conductividad eléctrica introduciendo el instrumento directamente en un recipiente pequeño (muestra tomada del agua drenada) y automáticamente nos arroja los datos en 0-10000 μS/cm.
6. Como consiguiente nos decidimos a tomar con la misma muestra la temperatura del agua, presionando el botón MODE para cambiar los resultados arrojándolo a Celsius.
7. Este procedimiento lo realizamos diariamente con cada sistema hidropónico.

Procedimiento para la determinación de pH del sistema hidropónico

1. El primer paso es la verificación del buen estado de instrumento.
2. Para medir el pH encendimos el instrumento portátil.

3. Verificamos que en la parte trasera hay un botón que nos indica dos opciones medir temperatura y pH, seleccionamos la del pH
4. En un recipiente pequeño tomamos una muestra del agua drenada, introducimos nuestro peachimetro para así poder obtener el resultado.
5. Este procedimiento lo ejecutamos todos los días en cada uno de nuestro sistema NFT.

- **Evapotranspiración**

Lo calculamos por métodos empíricos y el resultado se proyectó en mm.

$$\boldsymbol{ETc = K_c * ETo}$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Kc= Coeficiente del cultivo (adimensional) Tabla N° 17.

ETo = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

Fuente: (TecnoAgro, 2017).

- **Perdida De Carga**

Pérdida de Carga por Hazen Williams

$$hf = 10{,}67 + \left(\frac{Q}{C}\right)^{1{,}852} \frac{L}{D^{4{,}87}}$$

Hf: perdida de carga (m/m)

Q: caudal (m/sg)

C: coeficiente de Hazen Williams (adimensional)

L: longitud de la tubería (m)

D: diámetro de la tubería (m)

Fuente: (Alegret & Martínez, 2019).

Pérdida de Carga por Darcy - Weisbach

$$hf = f\frac{l}{d}\frac{V^2}{2g}$$

hf: Perdida de carga expresada en m.c.l. (metros de columna liquida)

l: longitud de la tubería(m)

f: coeficiente de fricción (adimensional)

v: velocidad (m/sg)

g: aceleración de gravedad (9,81 m/sg²).

Fuente: (Ladino et al., 2019).

- **Número de Reynolds**

El número de Reynolds varía según la temperatura diaria tomada

$$Re = \frac{V * D}{v}$$

Donde:

$Re =$ Número de Reynolds (adimensional).

$V =$ Velocidad del fluido (m/sg).

D= Diámetro interno de la tubería (m).

$v =$ Viscosidad cinemática del fluido (m^2/sg)

Fuente: (Mendez M. , 2007).

- **Viscosidad Cinemática**

La viscosidad cinemática para el agua, en función de la temperatura la encontramos por la siguiente ecuación:

$$v = \frac{0.0178 * 10^{-4}}{1 + 0.0337\mathrm{T} + 0.000221T^2}$$

Donde:

$v =$ Viscosidad cinemática (m^2/sg).

T = Temperatura del agua (°C).

Fuente: (Mendez M. , 2007).

- **Coeficiente de fricción**

Para utilizar la ecuación de fricción de colebrook-white se debe tener un intervalo de validez de 5000 a $1X10^8$.

$$F = \frac{1{,}325}{\mathrm{Ln}\left(\frac{E}{3.7\,D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)^2}$$

Re: Numero de Reynolds

D: diámetro (mm)

F: coeficiente de fricción

E: rugosidad absoluta (mm)

Fuente: (Olivares et al., 2019).

- **Velocidad**

$$V = \frac{4Q}{\pi d}$$

V: velocidad (m/sg)

Q: caudal (m3/sg)

D: diámetro (m)

Fuente: (Mendez M. , 2007).

MANEJO DEL ENSAYO

La investigación se basó en elaborar dos estructuras con tuberías de PVC de 3m de largo de diámetros de 4 y 6 pulgadas siendo estas de dos pisos , conectadas a un tanque plástico donde estará almacenada el agua con la solución nutritiva la cual será distribuida a la estructura mediante la conexión con ayuda de una bomba; para verificar su buen funcionamiento realizamos un pequeño ensayo, luego ejecutamos el llenado del tanque con su respectivos nutrientes y así distribuir mediante la bomba la cantidad de agua necesaria a cada estructura. Como siguiente punto realizamos la colocación de la esponja en el tallo de la plántula para su sostén y la colocamos en su respectiva canastilla para ponerlas en la perforación que se realizó a cada tubería siendo esta de 4,6 cm y tendría una separación de 0.50m entre plántulas.

El sistema hidropónico está en un lugar cerrado, con zinc (terraza), por lo que no recibían las plántulas muchos rayos solares, Cada sistema NFT cuenta con 20 plantas, por lo que estimo el consumo de agua diario por sistema.

Al encender la bomba cada sistema va a contar con su respectiva llave de paso, para realizar primeramente el proceso en un sistema (llenado de agua en tubería) apagamos la bomba para así poder cerrar la llave de paso una vez verificado la correcta cantidad de agua del primer

sistema, así proceder a abrir la llave de paso del otro sistema realizando el mismo procedimiento.

En la parte del primer piso de los sistema cuenta con una tubería que está realizada la conexión para efectuar el drenaje del agua con la ayuda de una llave de paso que cada sistema cuenta con ella, para hacer el primer drenaje procedemos a abrir la llave de paso para que mecánicamente baje el agua por tubería y sea alojada en el tanque una vez drenada cerramos dicha llave de paso. Para emanar el siguiente sistema realizamos el mismo procedimiento, recordando que solo debe permanecer la llave de paso abierta del sistema que utilizamos y no olvidar de cerrar las llaves.

La recirculación de los sistemas se realizó diariamente con una duración de 15 minutos; tomando en cuenta siempre el estado físico de las raíces de las plantas, supervisando su coloración y crecimiento.

La inspección se ejecutó diario para conocer el estado del tallo y las hojas, así observamos el cambio que tuvieron en el tamaño de sus hojas y su textura de igual manera el grosor del tallo y su firmeza.

Los parámetros hidráulicos evaluados del proyecto hidropónico permiten verificar el crecimiento del cultivo y su absorción; por lo que esta investigación es de gran utilidad ya que no hay libros o folletos que calculen los parámetros hidráulicos en cultivos hidropónicos, ya que se realiza la evaluación hidráulica y agronómica.

RECOLECCIÓN DE DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

Información obtenida mediante el peachimetro

Mediante nuestra investigación recolectamos datos diarios con el peachimetro para constatar que pH del agua este en 6.5 ya que es lo óptimo para el buen desarrollo de nuestro cultivo y que no hayan alteraciones en su desarrollo y textura. Para bajar los niveles de la acidez del agua lo realizamos mediante el ácido fosfórico, que lo colocábamos por gotas hasta verificar que el pH este en 6.5.

Información obtenida mediante el Conductímetro

Los datos que tomamos diarios también fueron de la conductividad del agua así sabremos la cantidad exacta de sales disueltas en nuestra solución, estando esta entre 1.5μS/cm hasta

3µS/cm que es la cantidad de sales adecuada para el buen desarrollo de nuestra planta de pimiento; del mismo modo mediante este instrumento obtuvimos los datos diarios de la temperatura del agua.

ASPECTO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

Sistema Radicular: cuando realizamos el trasplante de nuestras plántulas de pimiento retiramos la tierra de nuestras raíces, observando que la parte radicular está en un tamaño pequeño. Al pasar los días verificando el crecimiento de la planta nos dirigimos hacia la raíz para constatar los despliegues de raíces.

Tomamos siempre en cuenta la coloración de la raíz, ya que cabe recalcar que el color indicado es blanca, si esta llegara a obtener un color café significa que la planta no cuenta con oxigenación adecuada.

Tallo: realizamos una tabla que colocamos las medidas cada 14 días de nuestro tallo para la comparación de su crecimiento adecuado ya que el tamaño es variado y de Acuerdo a su desarrollo se va fortaleciendo con ayuda de los nutrientes, su crecimiento fue erecto y cuentan con 2 o 3 ramificaciones.

Hojas: las hojas son ovales, poseen un color verde intenso y en las mayorías suelen ser brillante por los nutrientes que se han absorbidos, conservando una textura agradable con sus hojas, el tamaño de las hojas es variado en la misma planta hay pequeña y grandes.

Tabla 4: Medidas de las plantas del sistema de 4".

N° de plántulas	FECHAS			
	15 de junio	29 de junio	06 de julio	17 de julio
SISTEMA DE 4" (cm)				
1	4,2	7,3	11,9	16,2
2	4,3	7,5	12,1	17,1
3	4,8	7,9	12,5	16,0
4	4,0	7,1	12,0	16,5
5	4,2	7,2	12,0	17,0

6	4,6	7,5	12,4	17,6
7	4,2	7,2	12,0	17,0
8	4,8	7,9	12,6	17,6
9	4,8	7,8	12,5	17,8
10	4,3	7,6	12,2	17,3
11	4,5	7,7	12,6	16,5
12	4,5	7,6	12,3	15,2
13	4,5	7,8	12,4	16,8
14	4,6	7,5	12,2	16,9
15	4,7	7,9	12,5	15,4
16	4,5	7,8	12,3	17,3
17	4,6	7,5	12,3	17,1
18	4,8	7,9	12,6	16,5
19	4,9	8,1	12,7	16,6
20	5,1	8,3	12,5	17,1

Tabla 5: Medidas de las plantas del sistema de 6".

N° de plántulas	FECHAS			
	15 de junio	29 de junio	06 de julio	17 de julio
SISTEMA DE 6" (cm)				
1	5,1	8,2	12,6	17,0
2	5,3	8,9	13,2	17,2
3	5,6	9,8	15,5	19,8
4	5,4	9,2	14,6	18,0
5	5,4	9,5	14,7	18,7
6	5,0	8,2	12,6	19,2
7	5,0	8,2	12,5	17,3
8	5,2	8,4	12,7	19,3
9	5,2	8,4	12,7	19,3
10	5,3	9,1	13,8	19,8
11	5,6	8,9	15,0	20,0

12	5,6	8,7	15,5	19,8
13	5,4	8,7	15,1	19,9
14	5,3	9,1	14,1	20,0
15	5,2	8,6	14,0	19,7
16	5,3	9,2	14,2	18,9
17	5,3	8,9	14,0	16,3
18	5,2	8,7	13,9	18,0
19	5,3	9,1	14,2	19,7
20	5,4	8,6	14,9	20,0

Las plantas de pimiento de los dos sistemas de 4" y 6" obtuvieron un crecimiento adecuado gracias a los nutrientes esenciales y los buenos resultados obtenidos diariamente de los parámetros hidráulicos.

Uno de los aspectos más importantes de la producción de hortalizas es la falta de radiación solar, altas o bajas de temperaturas, poco o mucha humedad; el espesor del tallo es quien nos indica la fortificación de las planta, en lo particular la raíz nos indica el estado de oxigenación (Alemán et al., 2018).

Tabla 6: Resultados diario de pH, CE, temperaturas.

FECHA	pH		CE µS/cm		temperaturas CELSIUS	
	4"	6"	4"	6"	4"	6"
15/06/2020	6,5	6,5	1,51	1,52	28,5	29
16/06/2020	6,5	6,5	1,51	1,52	27,5	27,5
17/06/2020	6,5	6,5	1,58	1,55	30,5	26,5
18/06/2020	6,5	6,5	1,52	1,52	31,5	31
19/06/2020	6,5	6,5	1,53	1,54	30	30,5
20/06/2020	6,5	6,5	1,56	1,54	28	28
21/06/2020	6,5	6,5	1,62	1,6	29,5	29
22/06/2020	6,5	6,5	1,62	1,62	31	31,5
23/06/2020	6,5	6,5	1,54	1,62	30,5	30
24/06/2020	6,5	6,5	1,51	1,52	26,5	26
25/06/2020	6,5	6,5	1,72	1,7	28,5	29

26/06/2020	6,5	6,5	1,54	1,53	31,5	31
27/06/2020	6,5	6,5	1,53	1,5	30,5	31
28/06/2020	6,5	6,5	1,52	1,52	26,5	27
29/06/2020	6,5	6,5	1,52	1,55	27,5	27
30/06/2020	6,5	6,5	1,51	1,52	29	29,5
01/07/2020	6,5	6,5	1,5	1,55	31	31,1
02/07/2020	6,5	6,5	1,53	1,56	29,2	28,5
03/07/2020	6,5	6,5	1,54	1,56	31,8	32,2
04/07/2020	6,5	6,5	1,52	1,52	28	28,5
05/07/2020	6,5	6,5	1,52	1,53	27,1	27,5
06/07/2020	6,5	6,5	1,52	1,54	26,3	26
07/07/2020	6,5	6,5	1,52	1,56	28,3	28
08/07/2020	6,5	6,5	1,51	1,53	30,8	30,2
09/07/2020	6,5	6,5	1,59	1,58	31,7	32,2
10/07/2020	6,5	6,5	1,53	1,53	24,7	24,6
11/07/2020	6,5	6,5	1,56	1,56	29	29,5
12/07/2020	6,5	6,5	1,53	1,53	25,5	26
13/07/2020	6,5	6,5	1,66	1,6	24,7	25,2
14/07/2020	6,5	6,5	1,71	1,68	29,8	30,8
15/07/2020	6,5	6,5	1,67	1,68	28,2	28,7
16/07/2020	6,5	6,5	1,71	1,69	28,2	29
17/07/2020	6,5	6,5	1,66	1,65	24,6	26,2

Con los datos obtenidos elegimos la tempera mayor y la temperatura menor de cada uno de los sistema para así poder sacar su respectiva temperatura media.

Temperatura media de 4”

$$Tm = \frac{31{,}8 + 24{,}6}{2}$$

$$Tm = 28{,}2°\text{C}$$

Temperatura media de 6”

$$Tm = \frac{32{,}2 + 24{,}6}{2}$$

$$Tm = 28{,}4°\text{C}$$

Los datos tomados diariamente en los dos sistemas hidropónicos arrojaron resultados favorables, el pH estando entre 6.5 es lo adecuado para tener la acidez optima en el cultivo, la conductividad eléctrica consta con un rango máximo de 1.72 µS/cm en nuestro sistema siendo esto la cantidad de sales disueltas y está en el rango apropiado.

Según (Medina et al., 2016) el rango adecuado de pH para la agricultura debe encontrarse de 6,5 a 7,5 para su buen desarrollo y alta producción, y (Valerio, 2014) nos argumenta que el pimiento requiere poca cantidad de sales, por lo que sugiere una guía nutricional relacionado con los niveles del CE que se consideran en la primera etapa de 1,5 a 1,8µS/cm cuando estas plántulas estén en demás etapas es favorable obtener una conductividad eléctrica de 1,6 a 3µS/cm, si se llega a tener un resultado más alto a lo indicado se debe recordar que a mayor conductividad menor productividad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 7: Caudales para nuestros dos sistemas de 4" y 6."

tuberías	Volumen (lt)	tiempo (sg)	Caudal (lt/sg)	Caudal (m^3/sg)
4"	90	60	1,5	0,0015
6"	200	120	1,67	0,00167

Los caudales calculados para nuestros sistemas de 4" y 6", lo obtuvimos gracias al volumen expresado en litros sobre el tiempo indicado en segundos; el resultados nos arroja en lt/sg por lo cual realizamos la transformación a m^3/sg; se obtiene un mayor caudal en el sistema de 6" por su diámetro, por lo tanto tendrá un tiempo y volumen superior al de 4".

Se designa el caudal como el volumen del líquido vital sobre tiempo, por lo que es así que el caudal atraviesa en el interior de la tubería estribará de la sección y su velocidad; A mayor diámetro, se tendrá superior caudal y velocidad (Monge, 2017).

Tabla 8: Número de Reynolds y viscosidad cinemática del sistema de 4".

DIAS	REYNOLDS	DIAMETRO (m)	velocidad (m2/sg)	TEMPERATURA C°	VISCOSIDAD CINEMATICA (m2/sg)

1	22596,987	0,1016	0,185	28,5	8,31792E-07
2	22110,445	0,1016	0,185	27,5	8,50096E-07
3	23584,072	0,1016	0,185	30,5	7,96979E-07
4	24084,616	0,1016	0,185	31,5	7,80415E-07
5	23335,551	0,1016	0,185	30	8,05466E-07
6	22353,132	0,1016	0,185	28	8,40866E-07
7	23088,196	0,1016	0,185	29,5	8,14096E-07
8	23833,761	0,1016	0,185	31	7,88629E-07
9	23584,072	0,1016	0,185	30,5	7,96979E-07
10	21628,57	0,1016	0,185	26,5	8,69036E-07
11	22596,987	0,1016	0,185	28,5	8,31792E-07
12	24084,616	0,1016	0,185	31,5	7,80415E-07
13	23584,072	0,1016	0,185	30,5	7,96979E-07
14	21628,57	0,1016	0,185	26,5	8,69036E-07
15	22110,445	0,1016	0,185	27,5	8,50096E-07
16	22842,008	0,1016	0,185	29	8,2287E-07
17	23833,761	0,1016	0,185	31	7,88629E-07
18	22940,343	0,1016	0,185	29,2	8,19343E-07
19	24235,69	0,1016	0,185	31,8	7,7555E-07
20	22353,132	0,1016	0,185	28	8,40866E-07
21	21917,135	0,1016	0,185	27,1	8,57594E-07
22	21532,756	0,1016	0,185	26,3	8,72903E-07
23	22499,305	0,1016	0,185	28,3	8,35404E-07
24	23733,746	0,1016	0,185	30,8	7,91953E-07
25	24185,285	0,1016	0,185	31,7	7,77167E-07
26	20772,958	0,1016	0,185	24,7	9,0483E-07
27	22842,008	0,1016	0,185	29	8,2287E-07
28	21151,363	0,1016	0,185	25,5	8,88642E-07
29	20772,958	0,1016	0,185	24,7	9,0483E-07
30	23236,469	0,1016	0,185	29,8	8,08901E-07
31	22450,534	0,1016	0,185	28,2	8,37218E-07
32	22450,534	0,1016	0,185	28,2	8,37218E-07
33	20725,867	0,1016	0,185	24,6	9,06886E-07

Tabla 9: número de Reynolds y viscosidad cinemática del sistema de 6".

DIAS	REYNOLDS	DIAMETRO (m)	velocidad (m2/sg)	TEMPERATURA C°	VISCOSIDAD CINEMATICA (m2/sg)
1	16853,698	0,1524	0,091	29	8,2287E-07
2	16313,923	0,1524	0,091	27,5	8,50096E-07
3	15958,378	0,1524	0,091	26,5	8,69036E-07
4	17585,451	0,1524	0,091	31	7,88629E-07
5	17401,221	0,1524	0,091	30,5	7,96979E-07
6	16492,987	0,1524	0,091	28	8,40866E-07
7	16853,698	0,1524	0,091	29	8,2287E-07
8	17770,541	0,1524	0,091	31,5	7,80415E-07
9	17217,852	0,1524	0,091	30	8,05466E-07
10	15781,896	0,1524	0,091	26	8,78754E-07
11	16853,698	0,1524	0,091	29	8,2287E-07
12	17585,451	0,1524	0,091	31	7,88629E-07
13	17585,451	0,1524	0,091	31	7,88629E-07
14	16135,72	0,1524	0,091	27	8,59484E-07
15	16135,72	0,1524	0,091	27	8,59484E-07
16	17035,345	0,1524	0,091	29,5	8,14096E-07
17	17622,4	0,1524	0,091	31,1	7,86976E-07
18	16672,912	0,1524	0,091	28,5	8,31792E-07
19	18031,114	0,1524	0,091	32,2	7,69137E-07
20	16672,912	0,1524	0,091	28,5	8,31792E-07
21	16313,923	0,1524	0,091	27,5	8,50096E-07
22	15781,896	0,1524	0,091	26	8,78754E-07
23	16492,987	0,1524	0,091	28	8,40866E-07
24	17291,096	0,1524	0,091	30,2	8,02054E-07
25	18031,114	0,1524	0,091	32,2	7,69137E-07
26	15292,329	0,1524	0,091	24,6	9,06886E-07
27	17035,345	0,1524	0,091	29,5	8,14096E-07

28	15781,896	0,1524	0,091	26	8,78754E-07
29	15501,317	0,1524	0,091	25,2	8,94659E-07
30	17511,655	0,1524	0,091	30,8	7,91953E-07
31	16745,123	0,1524	0,091	28,7	8,28205E-07
32	16853,698	0,1524	0,091	29	8,2287E-07
33	15852,386	0,1524	0,091	26,2	8,74846E-07

La viscosidad cinemática es la resistencia del fluido, es un valor adimensional y va a variar porque depende de la temperatura diaria que hemos tomado, entre más elevada sea la temperatura se obtendrá una viscosidad más baja; el número de Reynolds es un resultado adimensional se obtiene con los datos de volumen, viscosidad cinemática y el diámetro de la tubería expresado en metros.

El diámetro y la velocidad varían por motivo de los dos distintos sistemas hidropónicos.

La viscosidad del agua se sujeta a los resultados de la temperatura, es por ello que se maneja los resultados, que se refiere a la variación de flujo cuando obtenemos el número de Reynolds (Gómez et al., 2009).

Tabla 10: Coeficiente de fricción del sistema de 4".

DIAS	E(mm)	d (mm)	Re	Re^0,9	F
1	0,0015	0,0001016	22596,9868	8291,73623	0,0250915
2	0,0015	0,0001016	22110,4449	8130,88341	0,02674073
3	0,0015	0,0001016	23584,0724	8617,01642	0,02482788
4	0,0015	0,0001016	24084,6163	8781,4404	0,02469991
5	0,0015	0,0001016	23335,5508	8535,25008	0,02489281
6	0,0015	0,0001016	22353,1324	8211,16071	0,02668027
7	0,0015	0,0001016	23088,196	8453,78113	0,02495839
8	0,0015	0,0001016	23833,7609	8699,07993	0,02476359
9	0,0015	0,0001016	23584,0724	8617,01642	0,02482788
10	0,0015	0,0001016	21628,5704	7971,22436	0,02686375
11	0,0015	0,0001016	22596,9868	8291,73623	0,0250915
12	0,0015	0,0001016	24084,6163	8781,4404	0,02469991
13	0,0015	0,0001016	23584,0724	8617,01642	0,02482788

14	0,0015	0,0001016	21628,5704	7971,22436	0,02686375
15	0,0015	0,0001016	22110,4449	8130,88341	0,02522733
16	0,0015	0,0001016	22842,008	8372,60978	0,02502461
17	0,0015	0,0001016	23833,7609	8699,07993	0,02476359
18	0,0015	0,0001016	22940,3431	8405,04259	0,02653792
19	0,0015	0,0001016	24235,6895	8830,99914	0,024662
20	0,0015	0,0001016	22353,1324	8211,16071	0,02515907
21	0,0015	0,0001016	21917,135	8066,87644	0,02528243
22	0,0015	0,0001016	21532,7556	7939,43595	0,02688869
23	0,0015	0,0001016	22499,305	8259,47025	0,02511845
24	0,0015	0,0001016	23733,7455	8666,21887	0,02478923
25	0,0015	0,0001016	24185,2851	8814,46769	0,02467461
26	0,0015	0,0001016	20772,9579	7686,85178	0,02709248
27	0,0015	0,0001016	22842,008	8372,60978	0,02502461
28	0,0015	0,0001016	21151,3632	7812,76077	0,02550748
29	0,0015	0,0001016	20772,9579	7686,85178	0,02562286
30	0,0015	0,0001016	23236,4688	8502,6268	0,02646817
31	0,0015	0,0001016	22450,5342	8243,35514	0,02513196
32	0,0015	0,0001016	22450,5342	8243,35514	0,02513196
33	0,0015	0,0001016	20725,8673	7671,16707	0,02563743

Tabla 11: Coeficiente de fricción del sistema de 6".

DIAS	E(mm)	d (mm)	Re	Re^0,9	f
1	0,0015	0,0001524	16853,6978	6368,33178	0,02701848
2	0,0015	0,0001524	16313,9229	6184,4711	0,02917244
3	0,0015	0,0001524	15958,3776	6063,03205	0,02740157
4	0,0015	0,0001524	17585,4506	6616,64984	0,02672574
5	0,0015	0,0001524	17401,221	6554,23111	0,02679783
6	0,0015	0,0001524	16492,9869	6245,53121	0,02910533
7	0,0015	0,0001524	16853,6978	6368,33178	0,02701848
8	0,0015	0,0001524	17770,5412	6679,29444	0,02665435

9	0,0015	0,0001524	17217,8523	6492,03842	0,02687065
10	0,0015	0,0001524	15781,8964	6002,65342	0,02937854
11	0,0015	0,0001524	16853,6978	6368,33178	0,02701848
12	0,0015	0,0001524	17585,4506	6616,64984	0,02672574
13	0,0015	0,0001524	17585,4506	6616,64984	0,02672574
14	0,0015	0,0001524	16135,7198	6123,63799	0,02924033
15	0,0015	0,0001524	16135,7198	6123,63799	0,02732335
16	0,0015	0,0001524	17035,3446	6430,07192	0,02694419
17	0,0015	0,0001524	17622,3999	6629,16069	0,02671141
18	0,0015	0,0001524	16672,9119	6306,81815	0,029039
19	0,0015	0,0001524	18031,1143	6767,37605	0,02655558
20	0,0015	0,0001524	16672,9119	6306,81815	0,02709353
21	0,0015	0,0001524	16313,9229	6184,4711	0,02724595
22	0,0015	0,0001524	15781,8964	6002,65342	0,02937854
23	0,0015	0,0001524	16492,9869	6245,53121	0,02716935
24	0,0015	0,0001524	17291,0965	6516,88836	0,02684143
25	0,0015	0,0001524	18031,1143	6767,37605	0,02655558
26	0,0015	0,0001524	15292,3291	5834,804	0,02957764
27	0,0015	0,0001524	17035,3446	6430,07192	0,02694419
28	0,0015	0,0001524	15781,8964	6002,65342	0,02748061
29	0,0015	0,0001524	15501,3171	5906,52085	0,02760884
30	0,0015	0,0001524	17511,6555	6591,65523	0,02874345
31	0,0015	0,0001524	16745,1229	6331,39641	0,02706342
32	0,0015	0,0001524	16853,6978	6368,33178	0,02701848
33	0,0015	0,0001524	15852,3856	6026,77758	0,0274489

El coeficiente de fricción se establece mediante el coeficiente de rugosidad absoluta (E) esto depende del material del sistema, utilizando los diámetros de los diferentes sistemas y el número de Reynolds tiene que ser mayor a 5000 que varía según la temperatura diaria.

El coeficiente de fricción empleada en la ecuación de Darcy- Weisbach, que explica sobre La pérdida de fricción en tuberías o para el flujo de canal abierto, su resultado nos arroja adimensional, ya que este factor es definido para el número de Reynolds y el grado de rugosidad (Thermal Engineering, 2019).

Tabla 12: Velocidad del sistema de 4” y 6”

tuberías	Caudal (m^3/sg)	D(m)	D^2*π	Velocidad (m2/sg)
4”	0,0015	0,1016	0,03243	0,185
6”	0,00167	0,1524	0,07297	0,091

Para obtener la velocidad de los distintos sistemas hidropónicos es necesario el caudal y el diámetro.

La velocidad nos indica el movimiento del fluido en un sistema, es por esto que podemos realizar la comparación entre los dos sistemas; se observa que el de 4” tiene una mayor velocidad por su menor diámetro y caudal y en el de 6” mayor caudal y diámetro pero menor velocidad.

Tabla 13: Pérdida de Hazen Williams y Darcy Weisbach del sistema de 4”.

Hf Hazen 4"

Caudal(m^3/sg)	C		L(m)	D(m)	D^4,87(m)	Hf(m)
0,0015	140	6,24442E-10	3	0,1016	1,45738E-05	0,00137153

Hf Darcy 4"

DIAS	Coeficiente de fricción	longitud(m)	velocidad (m2/sg)	v^2	d(m)	Hf(m.c.l.)
1	0,0250915	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001293
2	0,02674073	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001378
3	0,02482788	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001279
4	0,02469991	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001272
5	0,02489281	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001282
6	0,02668027	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001374
7	0,02495839	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001286
8	0,02476359	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001276
9	0,02482788	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001279
10	0,02686375	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001384

11	0,0250915	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001293
12	0,02469991	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001272
13	0,02482788	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001279
14	0,02686375	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001384
15	0,02522733	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,0013
16	0,02502461	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001289
17	0,02476359	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001276
18	0,02653792	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001367
19	0,024662	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001271
20	0,02515907	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001296
21	0,02528243	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001302
22	0,02688869	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001385
23	0,02511845	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001294
24	0,02478923	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001277
25	0,02467461	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001271
26	0,02709248	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001396
27	0,02502461	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001289
28	0,02550748	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001314
29	0,02562286	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,00132
30	0,02646817	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001364
31	0,02513196	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001295
32	0,02513196	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001295
33	0,02563743	3	0,185	0,0342315	0,1016	0,001321

Tabla 14: Pérdida de Hazen Williams y Darcy Weisbach del sistema de 6".

Hf Hazen 6"

Caudal(m^3/sg)	C		L(m)	D(m)	D^4,87(m)	Hf(m)
0,00167	140	7,58988E-10	3	0,1524	0,000104987	0,000231411

Hf Darcy 6"

DIAS	Coeficiente de fricción	longitud(m)	velocidad (m2/sg)	v^2	d(m)	Hf(m.c.l.)
1	0,02701848	3	0,091	0,008	0,1524	0,000226
2	0,02917244	3	0,091	0,008	0,1524	0,000242
3	0,02740157	3	0,091	0,008	0,1524	0,000228
4	0,02672574	3	0,091	0,008	0,1524	0,000222
5	0,02679783	3	0,091	0,008	0,1524	0,000223
6	0,02910533	3	0,091	0,008	0,1524	0,000242
7	0,02701848	3	0,091	0,008	0,1524	0,000224
8	0,02665435	3	0,091	0,008	0,1524	0,000221
9	0,02687065	3	0,091	0,008	0,1524	0,000223
10	0,02937854	3	0,091	0,008	0,1524	0,000244
11	0,02701848	3	0,091	0,008	0,1524	0,000224
12	0,02672574	3	0,091	0,008	0,1524	0,000222
13	0,02672574	3	0,091	0,008	0,1524	0,000222
14	0,02924033	3	0,091	0,008	0,1524	0,000243
15	0,02732335	3	0,091	0,008	0,1524	0,000227
16	0,02694419	3	0,091	0,008	0,1524	0,000224
17	0,02671141	3	0,091	0,008	0,1524	0,000222
18	0,029039	3	0,091	0,008	0,1524	0,000241
19	0,02655558	3	0,091	0,008	0,1524	0,000221
20	0,02709353	3	0,091	0,008	0,1524	0,000225
21	0,02724595	3	0,091	0,008	0,1524	0,000226
22	0,02937854	3	0,091	0,008	0,1524	0,000244
23	0,02716935	3	0,091	0,008	0,1524	0,000226
24	0,02684143	3	0,091	0,008	0,1524	0,000223
25	0,02655558	3	0,091	0,008	0,1524	0,000221
26	0,02957764	3	0,091	0,008	0,1524	0,000246
27	0,02694419	3	0,091	0,008	0,1524	0,000224
28	0,02748061	3	0,091	0,008	0,1524	0,000228
29	0,02760884	3	0,091	0,008	0,1524	0,000229

30	0,02874345	3	0,091	0,008	0,1524	0,000239
31	0,02706342	3	0,091	0,008	0,1524	0,000225
32	0,02701848	3	0,091	0,008	0,1524	0,000224
33	0,0274489	3	0,091	0,008	0,1524	0,000228

Para la pérdida de carga de Hazen se necesita los valores del coeficiente para perdida de carga de diferentes materiales, la longitud, diámetro y caudal del sistema a evaluar; la pedida de carga por Darcy se requiere el coeficiente de fricción, velocidad, y la longitud de la tubería del sistema hidropónico.

Según los resultados obtenidos de los dos sistemas hidropónicos las pérdidas de carga por Darcy y Hazen tienen gran similitud, pero arrojando datos más exactos la fórmula de Darcy obteniendo así mejores resultados.

El enlace de Darcy Weisbach se manifiesta que dicha fórmula se puede utilizar con todo tipo de temperaturas, diámetros, velocidades y longitudes de las tuberías, por lo que es así que se aplica la ecuación de Colebrook- White; dicha problemática lleva a la aplicación de la fórmula de Hazen Williams, la que es muy utiliza llevando una gran delantera para el cálculo de la velocidad; la ecuación de Darcy Weisbach nos da la eficacia de resultados por la utilización del coeficiente de rugosidad (Flechas, 2012).

- Evapotranspiración diaria para los sistemas de 4” y 6”.

Se realizó dicho calculo por el consumo diario de cada sistema por lo que cada sistema consumo 400mm de agua diario, contando cada sistema por 20 plantas por lo que se dedujo que cada planta consumo 20 mm.

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO

Tabla 15: Costo Inicial de los dos sistemas hidropónicos.

COMPONENTES	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TOTAL
Transporte			
Movilización			70,00
Materiales			
Bomba de 1 Hp	1	120,00	120,00

Tubería de 4"	8	6,30	50,40
Tubería de 6"	4	12,20	48,80
Tubería de 2"	4	3,50	14,00
Tubería de 1" presión	1	6,60	6,60
Tee 2"	15	1,25	18,75
Tee 4"	15	1,75	26,25
Tee 1"	2	1,25	2,50
Codo 2"	4	1,00	4,00
Codo 4"	7	1,50	10,50
codo 2" pegable	1	2,25	2,25
Reductores 160 x 110	8	5,41	43,28
Reductores 110x 50	8	2,67	21,36
Tapas de extremos 4"	4	1,50	6,00
Tapas de extremos 2"	4	1,00	4,00
Tanque	1	40,00	40,00
llaves de paso de 1"	4	5,00	20,00
llaves de paso de 2"	4	5,00	20,00
Reductores	8	1,25	10,00
válvula de retención	1	8,00	8,00
Cheque	1	8,00	8,00
Adaptadores para tanque	2	6,20	12,40
Nutrientes	1	30,00	30,00
Canastillas	40	0,15	6,00
kalipega	5	5,50	27,50
extensión	1	12,00	12,00
Esponja	1	3,00	3,00
teflón	2	1,25	2,50
Plántulas de pimiento	40	0,70	28,00
Alambre	1	2,00	2,00
inyectores	4	0,15	0,60
Lima	2,4	2,00	4,80
Lija	1	1,00	1,00
hoja de cierra	1,4	1,00	1,40

Conductímetro		1	25,00	25,00
Brocas		2	3,00	6,00
Mano de obra				
Maestro		1	120,00	120,00
	TOTAL			836,89

Tabla 16: mantenimiento de los dos sistemas hidropónicos.

MANTENIMIENTO

COMPONENTES	**CANTIDAD**	**COSTO POR UNIDAD**	**TOTAL**
Canastillas	40	0,15	6,00
Esponja	1	3,00	3,00
Nutrientes	1	30,00	30,00
Plántulas del cultivo	40	0,70	28,00
		TOTAL	67,00

El costo de implementación inicial será un poco elevado a comparación del de mantenimiento que solo se presume gastar un 8% del inicial.

Para implementar este sistema necesitamos una inversión de $836,89 para dos sistemas de diferentes diámetros de tuberías, con una cavidad de 40 plantas, utilizando unos nutrientes de alta calidad; es por esto que para realizar un mantenimiento necesitamos canastillas, esponja, nutrientes, plantas del cultivo que deseamos cultivar, con una inversión mínima de $67,00.

CONCLUSIONES

- La temperatura y el diámetro de las tuberías utilizadas modifica las características hidráulicas en el funcionamiento del sistema hidropónico y la técnica más óptima para la producción del cultivo de pimiento es utilizando el sistema con diámetro de 4" para la reducción del consumo del agua y mejor absorción de nutrientes en las plantas.

- El costo inicial del Sistema hidropónico NFT es elevado por su implementación y en el mantenimiento es necesario materiales básicos para realizarlo y así poder seguir cultivando.

- En estos sistemas hidropónicos NFT no se puede calcular la presión por motivo de que son sistemas abiertos, por las perforaciones que tienen las tuberías.

- Para que las plantas tengan una buena absorción de los nutrientes el pH tiene que estar en el rango establecido no mayor a 6,5 y en lo que es la conductividad eléctrica debe ser de acuerdo al tipo de cultivo, en este caso como es pimiento debemos mantenernos entre 1,5 a 3 µS/cm.

Bibliografía

Alegret, E., & Martínez, Y. (2019). Coeficiente de Hazen-Williams en función del número de Reynolds y la rugosidad relativa. *SciELO*, 41-55.vol.40 no.3.

Alemán, D., Domínguez, J., Rodriguez, J., Soria, S., Torres, R., Vargas, J., . . . Alba, J. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agricola*, Vol.45, No.1, enero-marzo, 14-23,.

Alpízar, L. (2004). *Hidroponia cultivo sin tierra.* Costa Rica: Editorial Tecnologica de Costa Rica .

Amaya, C. (2016). *Diseño e implementación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado cultivos hidropónicos.* Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3811/1/CruzVel%C3%A1squezLeonardo2016.pdf

Axayacatl, O. (2011). *Blog Agricultura*. Obtenido de Universidad Autónoma Chapingo: https://blogagricultura.com/ventajas-desventajas-hidroponia/

Basterrechea, M. (26 de Julio de 2016). *HIDROPONIA CASERA.* Obtenido de Estudiando un sistema NFT: https://www.hidroponiacasera.net/estudio-sistema-nft/

Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponia.* Buenos Aires: Universidad Nacional de la Plata.

Caldeyro, M., Cajamarca, I., Erazo, J., Aucatoma, T., & Izquierdo, J. (s.f.). *FAO*. Obtenido de HIDROPONÍA SIMPLIFICADA: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/prodalim/prodveg/biotecu.pdf

Carrasco, G., Ramírez, P., & Vogel, H. (2007). EFECTO DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA SOBRE EL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO NFT. *IDESIA*, Volumen 25, Nº 2, Páginas 59-62.

Chavarria, J. (20 de Junio de 2019). Cultivo Hidropónico. (M. Cornejo, & M. Monge, Entrevistadores)

FERTIBOX. (29 de Julio de 2019). Obtenido de Deficiencia de fertilizantes: https://www.fertibox.net/single-post/deficiencia-fertilizantes

Flechas, R. (08 de Agosto de 2012). Obtenido de EFECTO DEL USO DE LA ECUACIÓN DE DARCY-WEISBACH VS LA ECUACIÓN DE HAZEN-WILLIAMS EN EL DISEÑO DE REDES MATRICES : https://pavcowavin.com.co/uso-de-la-ecuacion-de-darcy-weisbach-vs-la-ecuacion-de-hazen-williams

Gilsanz, J. (SEPTIEMBRE de 2007). Obtenido de HIDROPONIA: http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf

Gómez, E. (2009). Determinación de la viscosidad y su incertidumbre en fluidos de perforación usados en la construcción de pozos geotérmicos: aplicación en el campo de Los Humeros, Puebla, México. *Scielo*, v. 26, núm. 2, p. 516-529.

Howard, R. (14-16 de Agosto de 2006). *PIMIENTOS HIDROPÓNICOS.* Obtenido de http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/boletin46/PIMIENTO_HIDROPONICO_RESH.pdf

INAMHI. (2017). *Datos climatológicos promedio del 2000 al 2012.* PUCEM- CHONE. Obtenido de http://www.serviciometeorologico.gob.ec/wp-content/uploads/anuarios/meteorologicos/Am%202012.pdf

INFOAGRO. (24 de Octubre de 2018). *La importancia de cultivar en hidroponia*. Obtenido de https://mexico.infoagro.com/la-importancia-de-cultivar-en-hidroponia/

Ladino, E., García, C., & Vaca, M. (2019). Darcy-Weisbach resistance coefficient determination using. *Tecnura,* 52:58.

Marulanda, C. (2003). *LA HUERTA HIDROPONICA.* Santiago, Chile : OFICINA REGIONAL DE LA FAO .

Medina, E. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas. *Scielo,* Volumen 34, Nº 6. Páginas 51-59.

Mendez, M. (2007). *Tuberias a presion en los sistemas de abastecimiento de agua.* Caracas.

Mendez, M. V. (2007). *tuberias a presión en los sistemas de abastecimiento de aguas.* Caracas.

Monge, M. (09 de Octubre de 2017). *Fundamentos básicos de hidráulica (I)*. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/fundamentos-basicos-hidraulica-i

Olivares, A., Guerra, R., & Alfaro, M. (2019). Evaluación experimental de la solución analítica exacta de la ecuación de Colebrook-White. *SciELO*, N° 2, 1-11.

Palacios, O., & Escobar, B. (2016). la sustentabilidad de la agricultura en riego ante la sobreexplotacion de acuiferos. *SciELO*, 1-12.

Salazar, R., Rojano, A., & López, I. (2014). La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *SciELO*, 177-183.

TecnoAgro. (2017). Coeficiente del cultivo . *TecnoAgro*.

Thermal Engineering. (30 de Agosto de 2019). Obtenido de ¿Qué es el factor de fricción de Darcy? Definición: https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-factor-de-friccion-de-darcy-definicion/

UNET. (2009). *Universidad Nacional Experimental del Táchira*. Obtenido de http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-153.htm

Valerio, M. (10 de Septiembre de 2014). Obtenido de Fertilización adecuada de pimientos bell: https://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/fertilizacion-adecuada-de-pimientos-bell/

Anexos

Tabla 17: Fase del cultivo (Kc)

Fase del cultivo				
Cultivo	Inicial	Desarrollo	Media	Maduración
Chícharo (Arveja)	0.45	0.75	1.15	1.00
Berenjena	0.45	o.75	1.15	.80
Cebolla	0.45	0.70	1.05	.75
Lechuga	0.45	0.60	1.00	.90
Maíz	0.40	0.80	1.15	.70
Melón	0.45	0.75	1.15	0.85
Papa	0.45	0.75	1.15	0.85
Pimentón	0.35	0.70	1.05	0.90
Sandía	0.45	0.75	1.00	0.70
Tomate	0.45	0.75	1.15	0.80
Zanahoria	0.45	0.75	1.05	0.90
Betabel (Remolacha)	0.40	0.80	1.15	0.80
Soja	0.35	0.75	1.10	0.60
Tabaco	0.35	0.75	1.10	0.90
Avena	0.35	0.75	1.10	040
Cebada	0.35	0.75	1.10	0.65
Sorgo	0.35	0.75	1.10	0.65
Trigo	0.35	0.75	1.15	0.45

Fuente: (TecnoAgro, 2017).

Tabla 18: Coeficiente para perdida de Carga de Hazen Williams para diferentes materiales.

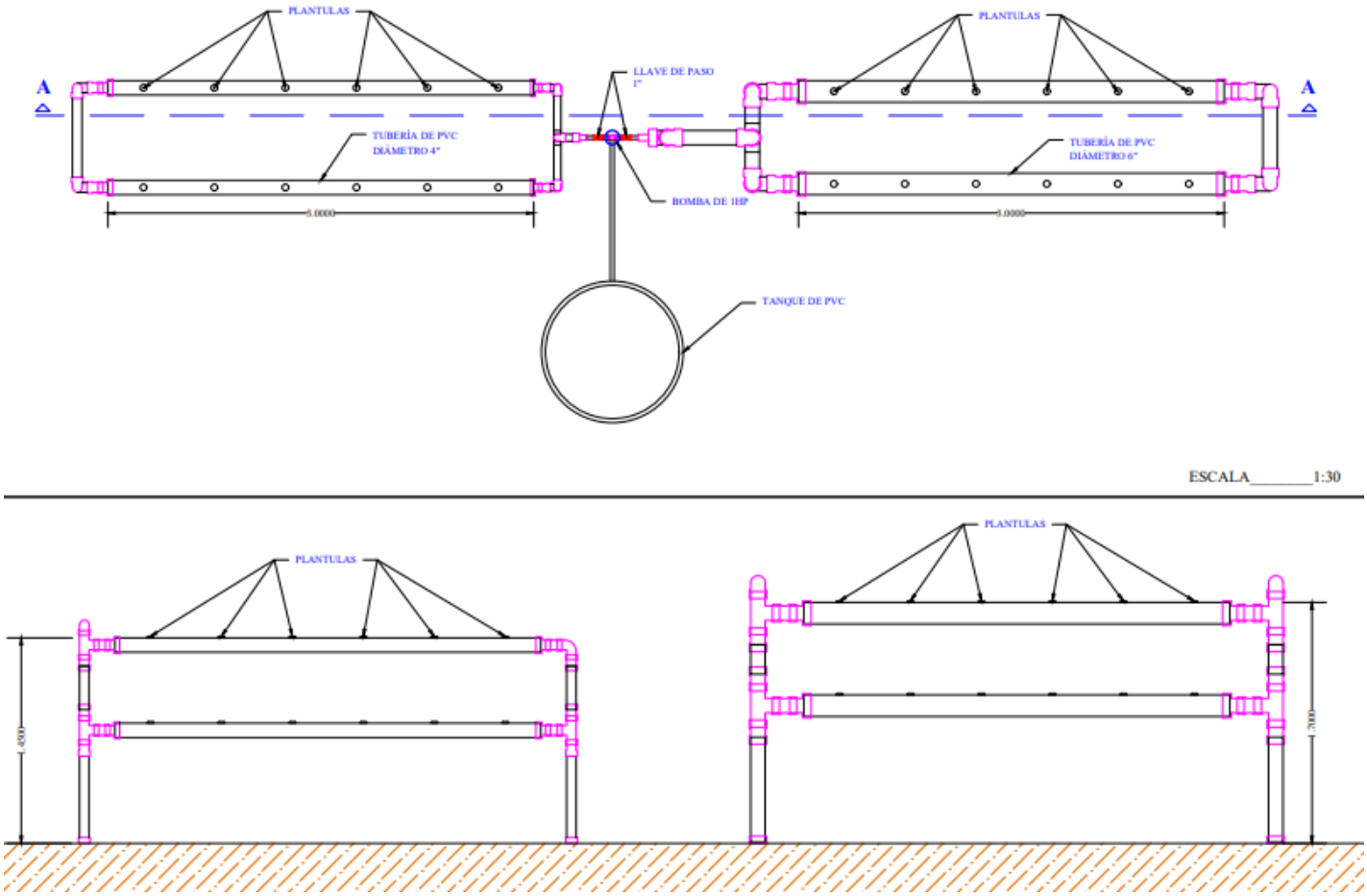
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Fuente: (Alegret & Martínez, 2019).

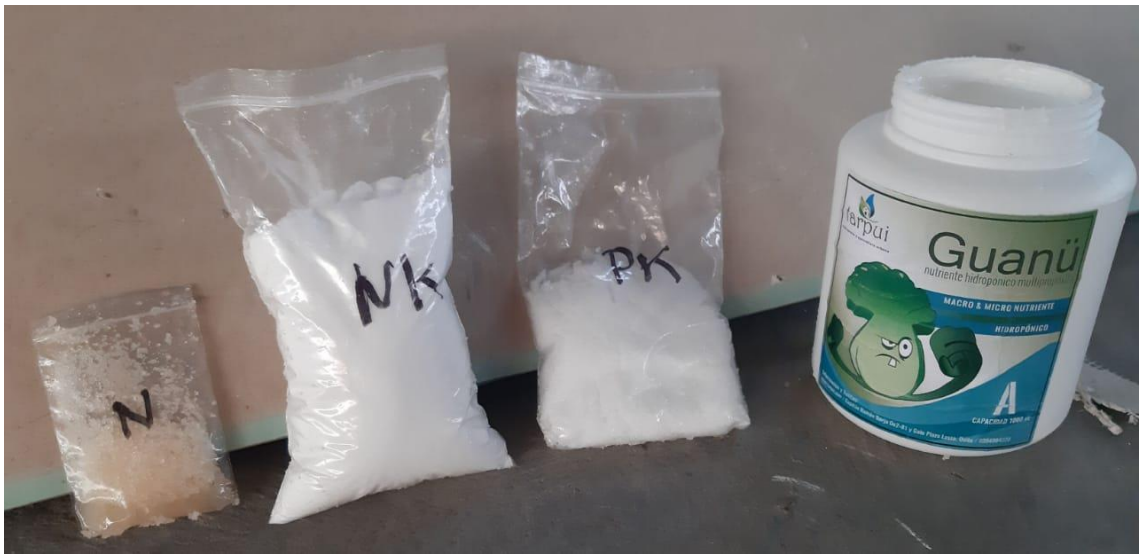
Tabla 19: Rugosidad absoluta de materiales

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES				
Material	**ε (mm)**		**Material**	**ε (mm)**
Plástico (PE, PVC)	0,0015		Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01		Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024		Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015		Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024		Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024		Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003		Hormigón	0,3-3,0

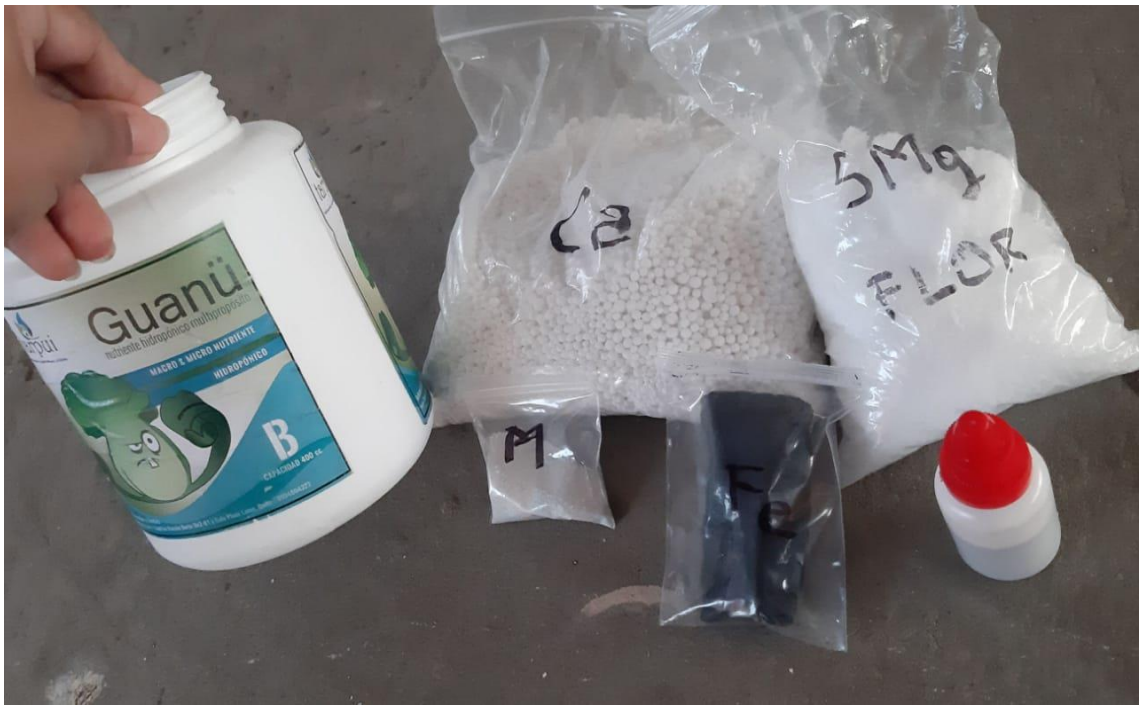
ANEXOS FOTOS



Anexo 1: Plano de los sistemas hidropónicos en AUTOCAD.



Anexo 2. Macronutrientes A



Anexo 3. Micronutrientes B y C



Anexo 4. Plántulas de pimiento listas para su ubicación en las tuberías.



Anexo 5: sistema de 4” con sus plántulas



Anexo 6: sistema de 6” con sus plántulas



Anexo 7: sistemas hidropónicos NFT





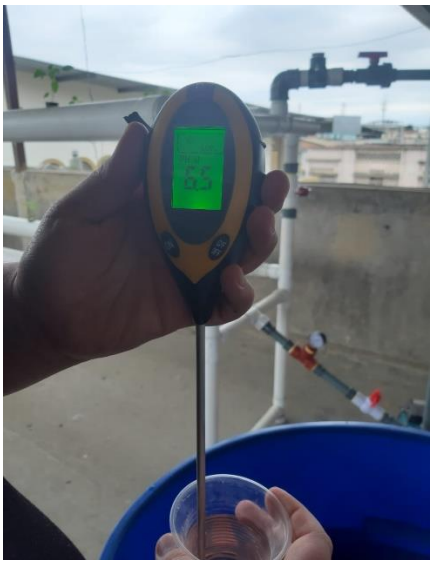






Anexo 8. Crecimiento de nuestra plantas de pimiento.





Anexo 9. Toma de datos del sistema de 4”de pH, CE y temperatura.





Anexo.10. Toma de datos del sistema de 6”de pH, CE y temperatura.