

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA TÉCNICA DE UN SISTEMA PARA REUTILIZACIÓN DEL AGUA LLUVIA EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO  
SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

**KATTY PAMELA CHICAIZA GUANOTASIG**

**DIRECTOR: ING. SANDRA PATRICIA PANCHI JIMA MGTR.**

**Quito, febrero 2022**

## CERTIFICACIONES

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



---

**Katty Pamela Chicaiza Guanotasig**

**katty.chicaiza@epn.edu.ec**  
**pamela1997chicaiza@gmail.com**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Katty Pamela Chicaiza Guanotasig, bajo mi supervisión.



---

**ING. Sandra Panchi Jima Mgtr.**  
**DIRECTOR**

**sandra.panchi@epn.edu.ec**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

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

Katty Pamela Chicaiza Guanotasig

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y con su amor a estado conmigo hasta el día de hoy y me ha ayudado cumplir unos de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, quienes con su paciencia me han permitido llegar hoy a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía para enfrentar las dificultades.

A mis hermanos por su apoyo y cariño incondicional, durante este proceso, por estar conmigo en todo momento apoyando moralmente gracias. A toda mi familia porque con sus consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona. Finalmente, a mis docentes de la Carrera de Agua y Saneamiento Ambiental de por haberme guiado, no solo durante el desarrollo de este trabajo investigativo, sino a lo largo de mi carrera universitaria, apoyándome para desarrollarme como un profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES .....	I
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	IV
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT .....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance.....	2
1.4 Marco teórico .....	2
1.4.1 Precipitación pluvial .....	2
1.4.2 Ciclo hidrológico.....	3
1.4.3 Intensidad de lluvia.....	4
1.4.4 Captación de agua lluvia .....	4
1.4.5 Componentes de diseño.....	4
1.4.6 Agricultura .....	8
1.4.7 Hidroponía.....	8
2 METODOLOGÍA .....	9
2.1 Descripción del sitio del proyecto.....	9
2.2 Sistema de reutilización de agua lluvia .....	11
2.2.1 Características Pluviométricas.....	11
2.2.2 Precipitación promedio mensual .....	12
2.2.3 Oferta mensual de agua lluvia .....	13
2.2.4 Demanda mensual de agua por planta .....	16
2.2.5 Volumen de tanque de almacenamiento.....	16
2.3 Criterios de Diseño .....	17
2.3.1 Conducción de agua lluvia.....	17
2.3.2 Tanque de primeras aguas .....	19
2.4 Filtro de arena.....	19
2.5 Bombas sumergibles .....	20
2.6 Planteamiento de sistema hidropónico NFT.....	22
2.7 Caudal de riego para el sistema NFT.....	23
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
3.1 Captación .....	29
3.2 Recolección y Conducción.....	31

3.3 Filtro lento de arena .....	32
3.4 Tipo de bomba a elegir .....	33
3.5 Almacenamiento .....	34
3.6 Red de distribución .....	35
3.7 Propuesta de diseño .....	35
4 CONCLUSIONES .....	38
5 RECOMENDACIONES .....	39
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
7 ANEXOS.....	41
ANEXO I. TURNITIN .....	41
ANEXO II. PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN IZOBAMBA.....	44
ANEXO III. GUÍA PARA EL USUARIO.....	45
ANEXO IV. PLANOS .....	52

## RESUMEN

Este proyecto de titulación tiene como objetivo proponer un sistema de aprovechamiento de agua lluvia de fácil instalación, para la residencia familiar del barrio Reino de Quito, DMQ, con un sistema hidropónico de técnica de película de nutrientes (NFT).

En el marco teórico se expone el beneficio del sistema de reutilización de agua lluvia para el riego de plantas, por otra parte, se detalla los procedimientos en metodología acuerdo a los objetivos específicos planteados, que contó con el levantamiento de información pluviométrica de la estación cercana al sector, para conocer los niveles de precipitación. Con ello, se conoció los tamaños de tanques, interceptor de primeras aguas, tanque de almacenamiento y otros elementos requeridos para el sistema, a través, de la guía de diseño planteada por CEPIS.

Del análisis de resultados y discusiones para la propuesta se tiene que, esta alternativa de recolección de agua lluvia se puede emplear para suministrar la demanda de agua requerida para el sistema de aprovechamiento, además contribuye con el uso adecuado de recurso hídrico, y a su vez reduce el consumo de agua potable para el riego de plantas dentro de la vivienda y mantenimiento de los sistemas, que genera beneficio tanto a nivel ambiental como económico.

Como último se tiene como anexos la guía de instalación, operación y mantenimiento del sistema hidropónico NFT, además, se brinda planos para el diseño del sistema de aprovechamiento de agua lluvia con cuadros de propuestas cuyos costos pueden varían de acuerdo a la comodidad del usuario.

**PALABRAS CLAVE:** Agua lluvia, Precipitación, Hidroponía, Captación, Distribución

## **ABSTRACT**

The objective of this degree project is to propose an easy to install rainwater harvesting system for the family residence in the Reino de Quito neighborhood, DMQ, with a hydroponic system of nutrient film technique (NFT).

In the theoretical framework, the benefit of the rainwater reuse system for plant irrigation is exposed, on the other hand, the procedures are detailed in methodology according to the specific objectives, which included the collection of pluviometric information from the station near the sector, to know the levels of precipitation. With this, the sizes of the first water interceptor tanks, storage tank and other elements required for the system were determined through the design guide provided by CEPIS.

From the analysis of results and discussions for the proposal, this rainwater harvesting alternative can be used to supply the demand for water required by the harvesting system, it also contributes to the proper use of water resources, and in turn reduces the consumption of Drinking water for the irrigation of plants inside the house and maintenance of the systems, which generates benefits both at an environmental and economic level.

Finally, the installation, operation and maintenance guide of the NFT hydroponic system is included as annexes, as well as plans for the design of the rainwater harvesting system with tables of proposals whose costs may vary according to the user's comfort.

**KEYWORDS:** Rainwater, Precipitation, Hydroponics, Harvesting, Distribution

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad uno de los problemas más significativos es la disponibilidad de agua potable, como también el acceso a los alimentos, el cual ha disminuido en un 22% en los últimos 20 años. Esta falta de alimentos se debe principalmente por el crecimiento poblacional [1]. En los países subdesarrollados, dicha presión ha ocasionado invasión de tierras y ocupaciones ilegales que se asocian a la agricultura de subsistencia; esto ha generado un incremento en el uso de agua de riego y una mayor cantidad de fertilizantes y plaguicidas con el objetivo de alcanzar rendimientos superiores de producción [2].

Por otra parte, el aumento de áreas de cultivos, las cuales representan una de las razones principales de la deforestación de páramos y bosques húmedos tropicales, han perjudicado al agua y a su ciclo natural; de esa manera estas acciones han dado lugar a la destrucción ambiental y sobre todo han contribuido al calentamiento global.

En el mundo, el 70 % de agua dulce es utilizada en el sector agropecuario, y según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en Ecuador el 30 % de agua de riego se ocupa en superficies de más 200 ha. Por ello es de suma importancia construir sistemas con menos impacto ambiental. Sin embargo, en los últimos años, el crecimiento exponencial de la población urbana en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) se duplicó entre los años 1980 al 2000, mientras que las proyecciones actuales suponen un aumento de 2.5 millones a 2.8 millones al 2022, lo que conlleva un incremento en la demanda de alimentos que podría convertirse en un posible desafío desde el punto de vista de acceso a los alimentos y suministro de agua [3].

De esta forma, el beneficio de agua lluvia siendo una técnica capaz de ayudar a obtener disponibilidad de líquido vital en áreas para usos doméstico, animal o vegetal, permite el planteamiento de un sistema alternativo de recolección y almacenamiento de aguas pluviales en una residencia familiar ubicada en el barrio Reino de Quito. Este sistema llamado cultivo hidropónico o NTF (por sus siglas en inglés), cuyo principio se basa en la recirculación de nutrientes a través del agua, evita el uso del suelo, además de permitir el ahorro de agua potable.

## **1.1 Objetivo general**

Propuesta de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia para un cultivo hidropónico NFT en una residencia familiar ubicada en el Barrio Reino de Quito, DQM.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Realizar el levantamiento de información para la línea base correspondiente a la zona del proyecto y requerimientos del tipo de cultivo.
2. Diseñar los componentes del sistema: captación, conducción, almacenamiento y distribución.
3. Plantear un sistema de reutilización de agua lluvia para cultivos NFT

## **1.3 Alcance**

El proyecto de titulación se basa en una propuesta de sistema de aprovechamiento de agua lluvia para cultivos hidropónicos, a través de subsistemas: captación, interceptor, filtración, almacenamiento y distribución. La recolección se realizará en una cubierta techada de una vivienda familiar ubicada en una zona urbana de Quito, con el beneficio de ahorro de agua como fuente secundaria en tiempos de precipitación. La conducción se lo hará por tubería de PVC mediante canales y bajantes, las cuales estarán dirigidas hacia el tanque interceptor. Este último contará con una válvula de bola, la cual permitirá retener el agua producto del lavado de la cubierta. Finalmente, el flujo será dirigido al filtro, para luego pasar al tanque de almacenamiento para su distribución.

La intención de la propuesta es generar beneficios mediante un sistema de captación de agua lluvia convirtiéndose en una fuente suplementaria para el cultivo de diversas hortalizas como lechuga, cilantro o cebolla. De esa forma, a través de un bombeo, el agua recircula por todo el sistema permitiendo así que los nutrientes lleguen a las raíces de las plantas. Una vez concluido el diseño en el software Civil 3D, se realizará un presupuesto referencial para la construcción del sistema.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Precipitación pluvial**

La forma húmeda que cae a la tierra se conoce como precipitaciones descendientes de la condensación de vapor de agua en nubes en forma de gotas de agua, nieve o granizo como se indica en la figura 1. La precipitación constituye la entrada al sistema hidrológico, y es aquel factor principal del control en una región. A la vez, este se mide en

mm que equivale a la altura de caída de un litro sobre la superficie de 1 metro cuadrado [4].

Por su parte, la entidad encargada de realizar las evaluaciones de precipitaciones en períodos de 20 a 30 años es el Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

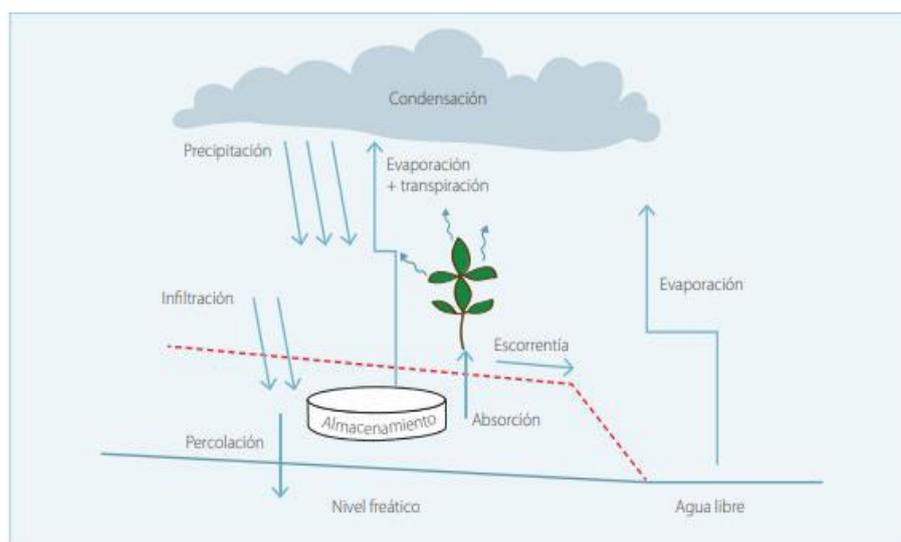
### 1.4.2 Ciclo hidrológico

El recurso hídrico disponible en el planeta forma parte de un ciclo del agua como se muestra en la figura 1. Este ciclo tiene diversas fases comenzando con la evaporación del agua desde la superficie, ríos, lagos, cuerpos de agua u océano; a medida que el vapor se eleva, este se enfría y se transforma en agua líquida llamada condensación.

El agua condensada forma parte de la niebla o nubes, las cuales se encuentran formadas por gotas de agua que después caerán en forma de lluvia; en el caso de que la temperatura en la atmósfera se encuentre por debajo de los  $-30^{\circ}\text{C}$  ( $-22^{\circ}\text{F}$ ) el agua precipitará en forma de granizo [5].

El agua precipitada tiene varios destinos.

- Aprovechamiento humano (se recolectará y almacenará para riego de cultivos)
- Vuelve directamente a la atmósfera
- La escorrentía superficial se centra en las líneas del agua donde el flujo de agua llega a los ríos, lagos y océanos.
- El agua filtrada regresa a la atmósfera por el fenómeno evapotranspiración.



**Figura 1.** Ciclo hidrológico [6]

### **1.4.3 Intensidad de lluvia**

Es el caudal del agua pluvial que cae en una superficie, es decir, el volumen del recurso hídrico caído por una unidad de tiempo hacia un área. La relación de paso entre las unidades de mm/h a l/(s\*Ha) se encuentran tal como  $60 \text{ mm/h} = 166,67 \text{ l/(s*Ha)}$ . Se sabe que en la Sierra ecuatoriana la temperatura media oscila entre los 7°C y los 21°C. La estación lluviosa o invierno dura normalmente de octubre a mayo, el verano de junio a octubre, pero debido al cambio climático ha resultado difícil pronosticar las temporadas de lluvia. En las zonas altas de montaña con más de 3200 msnm, la temperatura puede descender entre 4°C y 8°C, mientras que la cantidad de lluvia va de los 400 a 1200 mm anuales; de este último se conoce que la mayoría de los diluvios son de larga duración, pero de baja intensidad [7].

### **1.4.4 Captación de agua lluvia**

Esta tecnología de bajo costo es una solución que permite aumentar la disponibilidad de agua en diversas regiones. El sistema es un medio fácil de obtener agua para cultivos e incluso en lugares que no se dispone de agua de buena calidad y cantidad. Algunas de las causas que no permiten el aprovechamiento de agua de lluvia son: la falta de gestión hídrica, la insuficiencia de infraestructura de almacenamiento y distribución, y la contaminación del agua superficial y subterránea. Conocida también como cosecha de agua lluvia, consta de coleccionar el recurso hídrico, a través de una superficie para luego ser almacenada y utilizada en diferentes actividades [8].

La FAO recomienda tener en cuenta pasos que permitan satisfacer de manera efectiva y eficiente el recurso natural, a través de la construcción de obras de captación y aprovechamiento, teniendo en cuenta que se debe conocer y cuantificar el ciclo hidrológico como también las necesidades inmediatas o prioridades de usos de agua. De la misma manera, la implementación permite el uso eficiente del recurso con la captación in situ que es un proceso de captar la escorrentía superficial dentro del terreno propio, que infiltra para el suministro de agua en los cultivos.

### **1.4.5 Componentes de diseño**

- **Área de captación**

Es todo en cuanto a la superficie que permitirá la recolección de aguas pluviales. Esta puede ser artificial o natural las cuales se pueden dar en terrenos, patios de los domicilios o en áreas con cubiertas de materiales que permitan la conducción del agua.

Los materiales de construcción de las cubiertas varían, entre los más usados están: la cerámica, las tejas de madera, láminas metálicas o cemento.

Es importante tener en cuenta que, para el material de cubierta, los techos más tersos y absorbentes tienen un alto coeficiente de escorrentía, por ejemplo, la lámina galvanizada, mientras que, en el caso de la paja, este tiene un menor coeficiente de escorrentía. Los coeficientes de acuerdo al material que se vaya a utilizar se indican en la tabla 1.

**Tabla 1.** Coeficiente de escorrentía para techo. [9]

<b>Coeficiente de escorrentía</b>	
lámina metálica	0.9
Teja de arcilla	0.8 - 0.9
Madera	0.8 - 0.9
Paja	0.6 – 0.7

Es necesario considerar algunos aspectos para la construcción del sistema de cosecha de agua lluvia. En relación a la cubierta, dependerá del tipo material, por ejemplo, para la lámina metálica liviana, esta necesitará un mínimo cuidado, pero sí algún recubrimiento para impedir la oxidación.

Para el caso de las tejas de arcilla estas resultan ser muy pesadas y para su instalación es preciso contar con buena estructura. Si se tiene techos de cemento, el material es duradero, sin embargo, no tienen una pendiente necesaria que favorezca en el escurrimiento del agua lluvia [8].

Por otro lado, se tiene una desventaja en el uso de techo de paja, debido a que este libera tanino y lignina, lo que le da un color amarillento al agua; sin embargo, si su intensidad es baja, no generará daño alguno sobre la salud. Por otra parte, es recomendable que esta agua sea destinada para actividades como riego o limpieza.

A la vez, por su estructura una cubierta al tener una sola caída de agua pluvial resulta más beneficioso para cosecha de agua lluvia, debido a que solo será necesario una canaleta para su desagüe.

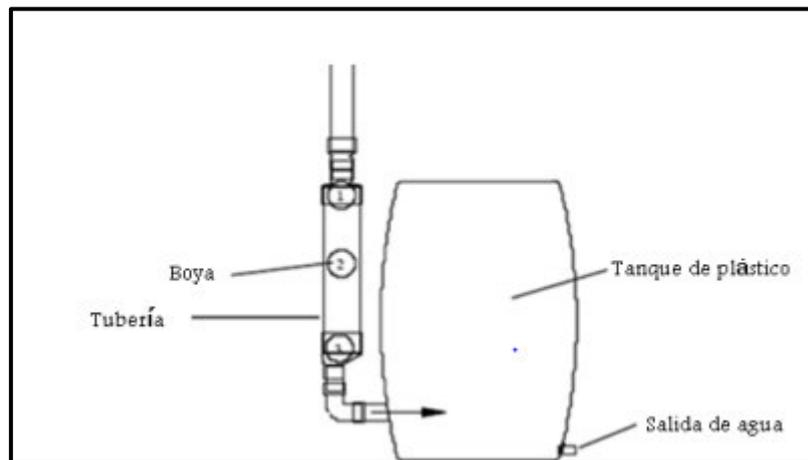
- **Conducción: canaletas y tuberías**

Son estructuras que servirán para captar el recurso hídrico que gotea y cae por la declinación. Estas serán colocadas al final del techo y tendrán las siguientes características:

Las dimensiones pertinentes para el volumen de escorrentía, el tubo de conducción con una adecuada pendiente, deberá soportar un peso de agua cuando esté en plena carga, por ello la estructura debe ser de apoyo suficiente. Se recomienda siempre mantenerlas limpias [8].

- **Interceptor de primera agua lluvias**

Este dispositivo permitirá la descarga de las primeras aguas procedentes del lavado del cubierta o techo. Para evitar que ingresen materiales indeseables al tanque de almacenamiento se tiene una conexión que intercepta y minimiza la contaminación del agua almacenada. Además, la cubierta que forma parte de la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor similar a la figura 2 cuyo esquema representa el tanque interceptor de las primeras aguas.



**Figura 2.** Interceptor de primeras aguas. [10]

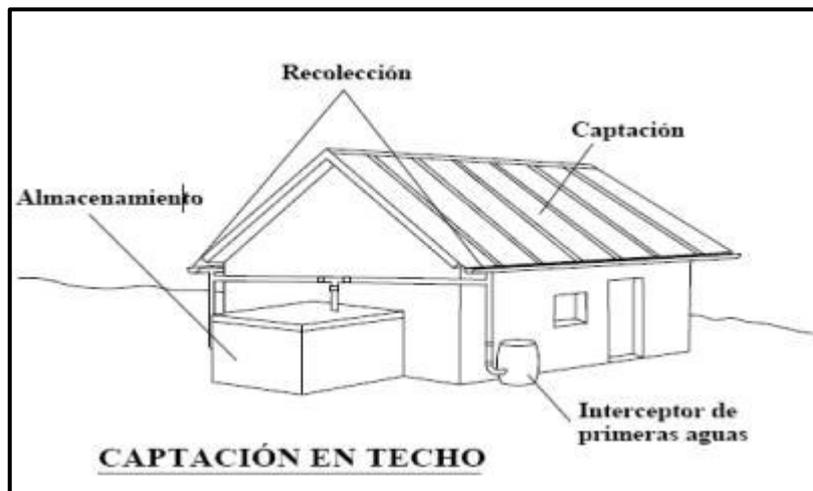
- **Almacenamiento**

Se trata del recipiente en donde se ha de almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para los diferentes usos. El volumen dependerá de la cantidad de agua que se colecte. Entre las características de la unidad de almacenamiento están la durabilidad, la impermeabilidad (para impedir la pérdida por goteo o transpiración), debe contar con sus elementos como: tapa y malla para impedir el ingreso de materiales indeseables, insectos y luz solar; disponer de una tapa sanitaria para la limpieza y de una válvula que permita recoger y drenar el agua.

Se pueden adquirir las cisternas de plástico comerciales o de cualquier otro material que ofrezca una mejor calidad de agua, el cual evite el ingreso de sólidos, crecimiento microbiológico y propiedades organolépticas como sabor olor y color.

- **Filtrado**

El filtrado ayudará a eliminar aquellos sólidos suspendidos que fueron arrastrados anteriores procesos; evitando el ingreso al tanque de almacenamiento y sobre todo impidiendo problemas de funcionamiento de sistema de bombeo y distribución.



**Figura 3.** Sistema de captacion de agua lluvia en techos. [10]

- **Distribución**

Es un sistema para abastecer de agua para diferentes usos, la red de distribución esta diseñada para repartir el recurso hídrico en el cultivo hidropónico, que depende de la recirculación del agua que se adicione a la planta durante la etapas de desarrollo y cosecha del cultivo para obtener un mayor rendimiento.

- **Oferta del agua**

La oferta del recurso hídrico corresponde al volumen de agua que permite satisfacer la demanda de actividades sociales. Esta se encuentra relacionada con las precipitaciones pluviométricas anuales.

- **Demanda de agua**

Depende de las actividades que se realice con el recurso hídrico, tales como el riego de plantas, descarga de inodoros, limpieza de pisos, etc.

### **1.4.6 Agricultura**

Labranza o cultivo de tierra llamado también agricultura generan beneficios en la producción de alimentos tales como verduras, frutas, hortalizas y materia prima. La agricultura comprende: grandes cultivos, horticultura, la silvicultura, práticamente y la ganadería.

En zonas de bajas precipitaciones, el reciclaje y la reutilización de agua permiten el uso de tecnologías de producción agrícola como la hidroponía. Esta tecnología se basa en el cultivo sin el uso del suelo, donde los nutrientes son obtenidos del agua lluvia y a la vez estos mismos son absorbidas por las raíces de las plantas [11].

### **1.4.7 Hidroponía**

Según la FAO, (2018) la hidroponía permite obtener cultivos saludables con base a un sistema de recirculación de agua, obteniendo una optimización de recursos como el reciclaje de materiales, el espacio, el consumo de agua y el trabajo físico para obtener hortalizas es menor.

En un sistema hidropónico se puede desarrollar todo tipo de plantas, por ejemplo: lechuga, tomate, pimiento, espinacas, apio etc., considerando que la planta en sustrato no dependerá de grandes extensiones de tierra para su desarrollo.

- **Beneficios del sistema hidropónico NFT**

Se consideró que, el aprovechamiento de agua lluvia al ser un recurso renovable resulta factible utilizarla en el sistema de cultivo hidropónico o NFT, debido a que se estaría reduciendo los costos que genera un cultivo tradicional en el suelo. Además, la seguridad alimentaria aumenta. De esa manera, la hidroponía se ha convertido en una metodología de fácil implementación, optimización de espacio, productividad más efectiva y minimización de consumo de agua.

El sistema hidropónico NFT permite cultivar hortalizas en un medio libre de suelo, es decir, sin uso de tierra, cuyo crecimiento de las plantas es posible a partir de medios que permiten sostenerlas. A la vez, el proceso del sistema ayuda a satisfacer las necesidades de la planta, tales como temperatura, humedad y requerimientos hídrico-nutricionales con adecuado suministro a través del agua [12].

- **Requerimiento de agua para el tipo de cultivo.**

Los tipos de plantas más comunes que se cultivaron para un sistema hidropónico NFT es la lechuga. Su producción se adapta a las bajas temperaturas, pero su temperatura

óptima para el crecimiento es 18 a 23 °C durante el día y de 7 a 15 °C durante la noche. También, la humedad juega un rol importante, el cual debe estar entre el 60 al 80 % [13].

- **Dotación de agua para cultivos hidropónicos**

El cálculo de dotación de agua que requiere el sistema hidropónico es un proceso que todavía no tiene aplicación a la práctica, los agricultores riegan de acuerdo a la experiencia obtenidas por las generaciones pasadas y según la disponibilidad del recurso hídrico en la zona [14].

- **Criterios para la distribución del agua**

Una de las ventajas de la estructura piramidal para sistemas NFT es su capacidad para instalar una gran cantidad de plantas de la misma especie en una sola estructura. Es indispensable tomar aspectos para medir los caudales y la frecuencia de recirculación del agua lluvia como:

- Requerimiento de cultivo
- Caudal de agua
- Tiempo (días, horas, minutos, segundos)

## 2 METODOLOGÍA

### 2.1 Descripción del sitio del proyecto

La propuesta técnica de la reutilización de agua lluvia para cultivos hidropónicos de NFT, está ubicada en la provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) – Barrio Reino de Quito. En la figura 4, se aprecia la zona de estudio.



**Figura 4.** Ubicación de la zona de estudio.

Los datos relacionados a la ubicación del sitio experimental se observan en tabla 2, al suroccidente de la ciudadela Mena Dos, con la calle principal “Agamarca”. El barrio Reino de Quito limita al Norte con la parroquia rural Lloa, al Este con el barrio Santa Bárbara y al Oeste con la quebrada Chaguarpanga. El barrio cuenta con los servicios básicos necesarios, en los últimos años este sector sub-urbano ha crecido con aportaciones y mingas comunitarias incrementado la calidad de vida de los moradores del sector.

**Tabla 2.** Ubicación del sitio experimental

<b>Ubicación</b>	<b>Localidad</b>
Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Altitud	2.999 m.s.n.m
Latitud	0° 15' 28.0"S
Longitud	78° 33' 38.3"W

- **Infraestructura existente en zona de estudio**

Para el reconocimiento del domicilio ubicado al sur de Quito, se realizó un recorrido a la vivienda y se determinó que existe un área de aportación inicial en la terraza misma que servirá para la captación del agua pluvial, ver figura 5.

Durante la inspección se apreció los elementos que conforman a la zona de propuesta.



**Figura 5.** Zona de propuesta de estudio.

## 2.2 Sistema de reutilización de agua lluvia

### 2.2.1 Características Pluviométricas.

Ecuador cuenta con 22 estaciones pluviométricas, las cuales se tomó datos recopilatorios de Izobamba respecto a la zona de la propuesta que permitió calcular y diseñar el abastecimiento de agua lluvia para la propuesta.

Según las precipitaciones Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) de acuerdo con los datos obtenidos en el INAMHI, se estableció una estación meteorológica cercana a la ubicada de la zona de propuesta de proyecto.

La tabla 3 se apreció la información de la estación de Izobamba (M0003) ubicada en la provincia de Pichincha con altitud de 2058.00 metros con coordenadas geográficas latitud -0.265833 y longitud -78.555000 con precipitaciones anuales basando en los anuarios de la INAHMI. La información encontrada se obtuvo mediante la búsqueda en internet y archivos relacionados al tema de interés.

- **Registros Pluviométricos**

Para los registros pluviométricos se tomó como referencia la estación de Izobamba ubicado en el sur de Quito siendo la más cercana a la vivienda de la propuesta, con los datos pluviométricos actualizados de los últimos 10 años. Los datos sobre la estación Izobamba se indica en la tabla 3.

**Tabla 3.** Datos de la estación

Izobamba

<b>Estación Izobamba</b>	
Código	M003
Provincia	Pichincha
Latitud	0.3665833
Longitud	78.555.00
Altitud	3058,00
Tipo	Metrológico
Propietario	INAMHI

### 2.2.2 Precipitación promedio mensual

Expresada en mm por mes, es la cantidad de precipitaciones recolectada en área de captación.

Aquí se procedió a tomar los datos de precipitaciones obtenidos en el Anexo II, para la determinación del promedio mensual de precipitación históricos proporcionado por los anuarios del INAMHI con registros de los últimos 10 años. (ver tabla 4).

**Tabla 4.** INAMHI, Datos Boletín Anual

Meses	Precipitación promedio mensual [mm]
Enero	1 719.5
Febrero	1 858.8
Marzo	2 318.6
Abril	2 171.8
Mayo	1 705
Junio	620
Julio	407.3
Agosto	451.5
Septiembre	589.7
Octubre	1 495
Noviembre	1 404.1
Diciembre	1 453.6

Mediante la aplicación de la ecuación 1 de la guía de diseño para la captación de agua lluvia se obtuvo la sumatoria de precipitaciones presentados en la tabla 6.

$$P_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} p_i}{n}$$

**Ecuación 1.** Precipitación promedio mensual. [9]

$P_{pi}$  : Promedio mensual de la precipitación de años evaluados[mm]

$p_i$  : Valor de precipitación mensual del mes [mm]

$n$  : Número de años a evaluar

### 2.2.3 Oferta mensual de agua lluvia

Para el cálculo del volumen estimado de agua lluvia captada en el mes, se requirió la aplicación de la ecuación 2, con los datos obtenidos en la inspección de la zona de propuesta como el área de captación, datos de precipitaciones promedias mensuales y el coeficiente de escorrentía.

El coeficiente depende del material del área de captación de la zona de propuesta, denominada comúnmente como lámina metálica. Así mismo, de acuerdo a la tabla 1 el coeficiente de escorrentía para este caso se encuentra (  $C_e = 0.9$  ), el valor corresponde al material utilizado por el usuario por su fácil instalación.

$$A_i = \frac{P_{pi} * C_e * A_c}{1000}$$

**Ecuación 2.** Oferta disponible de aguas lluvia. [9]

- $A_i$  : Oferta de agua mensual captado [ $m^3$ ]
- $P_{pi}$  : Precipitación promedio mensual [litros/  $m^2$ ]
- $C_e$  : Coeficiente de escorrentía [adimensional]
- $A_c$  : Área de captación [ $m^2$ ]

Se asumió un valor del 20 % de la oferta mensual, estipulando las perdidas de cada año por causa de la evaporación, material de techo, perdidas en los canales y tanque de almacenamiento, esto afectara al volumen de oferta disponible. Por otro lado, durante los doce meses del año se tiene valores porcentuales que uniformemente se reducen [15].

$$A'_i = A_i - \left( A_i * \frac{0.2}{12} \right)$$

**Ecuación 3.** Perdidas y oferta de agua al mes

- $A'_i$  : Oferta de agua pluvial al mes con pérdidas [ $m^3$ ]
- $A_i$  : Oferta de agua pluvial al mes captado [ $m^3$ ]

- **Área de aporte inicial**

Se utilizó el flexómetro para conocer las dimensiones de la cubierta, mediante el levantamiento de información se tiene el área horizontal de la terraza, se calculó el área real de aportación del techo mediante la aplicación de la ecuación 4, con los datos del sitio mostradas en figura 6.

$$h = \sqrt{a^2 + b^2}$$

#### **Ecuación 4. Teorema de Pitágoras**

$h$  : Hipotenusa [m]

$a$  : Cateto opuesto [m]

$b$  : Cateto adyacente [m]



**Figura 6.** Triángulo rectángulo que forma área inicial de captación.

Área real de aporte se calculó con la siguiente ecuación.

$$A = l \times h$$

#### **Ecuación 5. Área**

$A$  : Área de captación [ $m^2$ ]

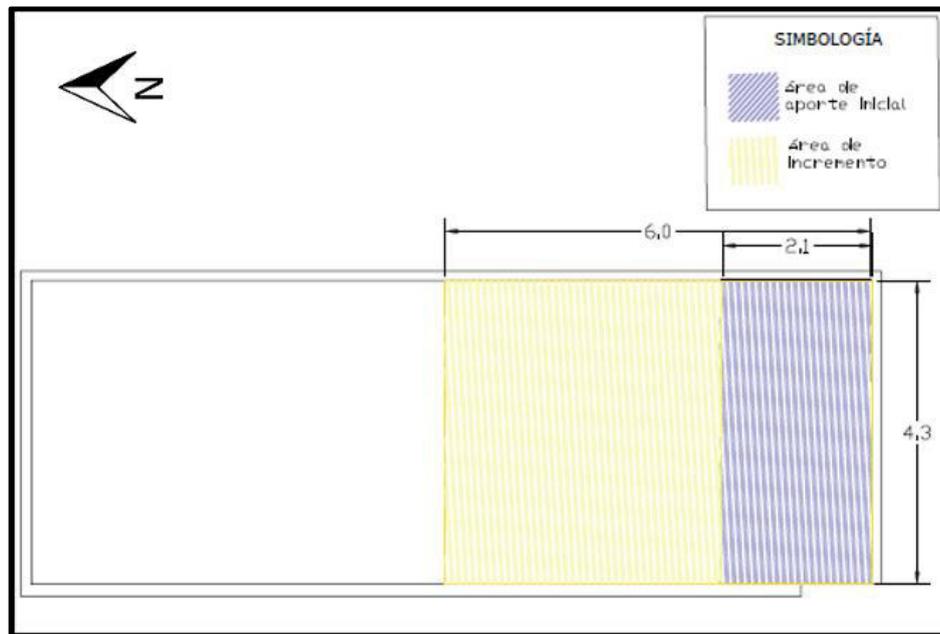
$l$  : Largo [m]

$h$  : Hipotenusa [m]

- **Aumento del área de aportación**

Se plantea el incremento del área de aportación para mantener los componentes como el interceptor de primeras aguas, filtro, tanque de almacenamiento y sistema hidropónico NFT, de esta manera es importante de mantener estos componentes aislado de la luz para ofrecer una mayor durabilidad de los tanques. Justamente con la optimización del área de aportación se obtuvo una oferta necesaria de agua lluvia, para la limpieza del sistema hidropónico y limpieza de tanques, suponiendo que el agua del tanque se llena 75 % de la capacidad, el porcentaje servirá para la limpieza de canales y abastecimiento para la planta, la acción dependerá del usuario. De igual modo, el agua sobrante ayudara en el riego de plantas del huerto dentro de la vivienda.

En la figura 7, se identifica el área de aporte inicial de 9.08 m<sup>2</sup> de superficie, a la vez se observa el área optimizada de 25.8 m<sup>2</sup>



**Figura 7.** Dimensiones del área de aporte

- **Oferta acumulado mensual**

Se determinó de acuerdo con la siguiente expresión, mediante la suma del primer mes más el siguiente mes consecutivo de mayor precipitación.

$$A_{ai} = A_{a(i-1)} + A'$$

**Ecuación 6.** Volumen acumulado mensual [9].

Donde:

- $A_{ai}$  : Oferta acumulado mensual [m<sup>3</sup>]
- $A_{a(i-1)}$  : Oferta acumulada al mes anterior [m<sup>3</sup>]
- $A'$  : Oferta de agua mensual captado que incluye pérdidas [m<sup>3</sup>]

- **Dotación de agua por planta**

Con base en la guía de diseño de cosecha de agua lluvia para consumo humano se planteó la ecuación 7 para determinar la dotación respectivamente para el número de planta que contiene el sistema hidropónico NFT. La guía recomienda el uso de 1 m<sup>3</sup> como reserva de seguridad de agua en el tanque.

$$\text{Dot} = \frac{(Aa - \text{reserva}) * 1000}{365 * Nu}$$

**Ecuación 7. Dotación [9]**

- Dot : Dotación de agua por planta
- Aa : Oferta de agua lluvia anual [m<sup>3</sup>]
- Nu : Número de plantas
- 365 : Días al año

**2.2.4 Demanda mensual de agua por planta**

Se tomó como referencia los datos obtenidos anteriormente para determinar la demanda para el cultivo, por ello se utilizó la siguiente formula.

$$Di = \frac{Nu * Nd * Dot}{1000}$$

**Ecuación 8. Demanda [9]**

- Di : Demanda del cultivo [m<sup>3</sup>]
- Nd : Número de días al mes
- Nu : Número de plantas
- Dot : Dotación de la planta [L/planta/día]

- **Demanda acumulada mensual**

El dato se determinó de acuerdo con la siguiente ecuación 9; los resultados logrados se hallan en las tablas 8, teniendo en cuenta la nueva área de aportación.

$$Dai = Da_{(i-1)} + Di$$

**Ecuación 9. Demanda acumulada mensual [9]**

- Dai : Demanda de agua demandada por los usuarios para el mes [m<sup>3</sup>]
- Da<sub>(i-1)</sub> : Demanda acumulada al mes anterior [m<sup>3</sup>]
- Di : Demanda del mes [m<sup>3</sup>]

**2.2.5 Volumen de tanque de almacenamiento**

Para conocer el volumen disponible de agua lluvia se determinó mediante los datos obtenidos anteriormente, de modo que se tomó los valores de oferta y demanda parcial, cuya diferencia se obtuvo valores del volumen de agua mensual captada, como se puede

observar en la tabla 8. Estos datos obtenidos se lograron mediante la nueva área de aporte.

$$V_i = Aa_i - Dai$$

### **Ecuación 10.** Volumen de almacenamiento

- $V_i$  : Volumen de almacenamiento del mes [m<sup>3</sup>]  
 $A_i$  : Oferta de almacenamiento del mes [m<sup>3</sup>]  
 $D_i$  : Demanda del mes [m<sup>3</sup>]

## **2.3 Criterios de Diseño**

### **2.3.1 Conducción de agua lluvia**

En la etapa de levantamiento de información se apreció que el sistema de conducción de tuberías conduce el agua pluvial del área de captación hacia el sistema a través de canaletas de tubo de PVC de 4" de 4.38 m de largo, que cuenta con un orificio que recibe el agua lluvia receptada por la lámina metálica. Las canaletas se instalaron en la parte inferior de los bordes de la cubierta, acumulándose para luego caer al tanque de primeras aguas.

- **Flujo de agua lluvia en el bajante**

La zona de propuesta de estudio cuenta con unas bajantes de material de PVC, diámetros de 2", mediante una reducción de 4" a 2", con dimensiones de 1.065 m de largo, de esta manera podrá usarse el material para el área de captación planteada.

- **Determinación de Caudal pluvial**

Para obtener la cantidad de precipitaciones captadas en un área determinada se utilizó la ecuación 1 del método racional, tomando en cuenta la intensidad de lluvia en el sitio de la propuesta por lo cual, según el manual del Instituto Nacional de Vías (INAVIS), se calcula a través del pico de agua lluvia representado a continuación.

$$Q = \frac{C * I * A}{3600}$$

### **Ecuación 11.** Caudal de agua lluvia

- $Q$  : Caudal pluvial [L/s]  
 $C$  : Coeficiente de escurrimiento [0.9]

- I : Intensidad de agua lluvia [mm/hora]  
 A : Área de drenaje [m<sup>2</sup>]

Para conocer la intensidad de agua lluvia se determinó mediante la estación pluviométrica mencionada para la propuesta, se aplicó la ecuación presente a continuación:

$$I = \frac{74.7140 \times T^{0.0888}}{t^{1.6079}} \times [\ln(t + 3)]^{3.8202} \times (\ln T)^{0.2138}$$

**Ecuación 12.** Intensidad de agua pluvial en la estación Izobamaba [16]

- I : Intensidad de agua lluvia [mm/hora]  
 ln : Logaritmo natural  
 t : Tiempos de escurrimiento [5 min]  
 T : Período de retorno [10 años]

- **Caudal que circula en bajante**

Salazar menciona [16], que el agua pluvial se encuentra entre 1/3 del total de área. Se aplicó la fórmula de Manning para canales abiertos prismáticos con profundidades constantes que es ampliamente utilizada para conocer la velocidad del flujo. Se impone la pendiente de 100 % para un diámetro 101.16 mm y S=1.

$$v_b = \frac{1}{n} * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

**Ecuación 13.** Velocidad de flujo lleno

Cambiando el radio de tubo lleno  $Rh = \left(\frac{D}{4}\right)$ , se obtiene la siguiente expresión

$$Rh = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{4}\right)$$

1/3 caudal del bajante a del área del tubo

$$Q_b = \frac{A}{3} ** V_b$$

$$Q_b = \frac{\pi D^2}{12} * V_b$$

#### **Ecuación 14.** Velocidad de flujo lleno [16]

- Qb : Caudal del bajante[m<sup>3</sup>/s]  
A : Área del bajante [m]  
Vb : Velocidad del bajante[m/s]

#### **2.3.2 Tanque de primeras aguas**

Este mecanismo consiente en recolectar las aguas iniciales de la lluvia que caen y limpian la cubierta, también llamado interceptor es encargados de almacenar el agua para para otro tipo de uso. Es muy importante desviar a un recipiente diferente para evitar que materia innecesaria ingresa y sean almacenadas en el tanque que contendrá la bomba sumergible. Su diseño, de acuerdo con los parámetros por CEPIS, demanda un litro de agua lluvia para lavar 1m<sup>2</sup> de cubierta, por lo tanto, se usó la siguiente ecuación para determinar el volumen del tanque interceptor.

$$V_{\text{int}} = \frac{1 \frac{\text{L}}{\text{m}^2} * A_{\text{techo}}}{1000}$$

#### **Ecuación 15.** Volumen del interceptor de primeras aguas

Donde:

- V<sub>int</sub> : Volumen del interceptor [m<sup>3</sup>]  
A<sub>techo</sub>: Área del techo de aporte [m<sup>2</sup>]

### **2.4 Filtro de arena**

La filtración de arena son lechos o camas de material granular, produce un efluente de buena calidad, son drenadas o escurridas por debajo para que las aguas pluviales puedan ser tratadas.

El diseño del filtro lento de arena se realizó con la guía para diseño de sistemas de tratamiento de filtración en múltiples etapas, considerando que es una tecnología simple y eficaz que cumple con la eliminación de partículas pequeñas produciendo una baja turbiedad en el agua [17].

Se calculó el dimensionamiento del filtro con la ecuación 16 detallada a continuación:

$$A_s = \frac{Q_d}{V_f}$$

#### **Ecuación 16.** Área superficial [17]

- $A_s$  : Área superficial [ $m^2$ ]
- $V_f$  : Velocidad de filtración [ $m/h$ ]
- $Q_d$  : Caudal de diseño [ $m^3/h$ ]

- **Caudal de diseño del filtro**

En este caso se lo halló mediante la información del caudal del bajante, esto se considera debido a que flujo una vez cerrada la válvula de bola se dirigirá hacia el tanque de filtración.

- **Velocidad de filtración**

Los criterios de diseño para los filtros lentos de arena, recomienda velocidades de filtrado entre 0.1 y 0.2 m/h según la guía, a mayor contaminación del líquido vital menor velocidad de filtración.

El diámetro se obtuvo mediante la utilización del área superficial con la siguiente fórmula.

$$A_s = \frac{\pi D^2}{4}$$

**Ecuación 17.** Área superficial [17]

- $A_s$  : Área superficial [ $m^2$ ]
- $D$  : Diámetro [ $m$ ]

## 2.5 Bombas sumergibles

Para los cultivos hidropónicos NFT el sistema de riego se utilizó una bomba sumergible usada en acuarios, sistemas de cascada o sistemas de filtración. Una de las ventajas de la bomba es el ahorro de espacio debido a que se lo coloca dentro del tanque de almacenamiento.

- **Carga dinámica total de impulsión**

Se halló mediante la utilización de sumatoria de la altura estática, pérdidas longitudinales y pérdidas por accesorios en la parte de la tenida impulsión en cuenta la manguera 1/2 pulgada que conectara la bomba sumergible hacia el encuentro de la planta.

$$H_{mi} = H_i + H_{fi} + H_{ai}$$

**Ecuación 18.** Altura manométrica de succión

- H<sub>mi</sub> : Altura total manométrica en impulsión [m]
- H<sub>i</sub> : Altura estática en impulsión [m]; 2 [m] para el sistema
- H<sub>fi</sub> : Pérdidas de carga, longitudinales en la impulsión [m]
- H<sub>ai</sub> : Pérdidas de accesorios [m]

La siguiente ecuación permitió el cálculo de la velocidad en la tubería de impulsión para el sistema hidropónico y accesorios, aquí se toma como referencia la manguera de ½ de pulgada.

$$Q = V * D$$

#### **Ecuación 19. Caudal**

- V : Velocidad [m/s]
- D : Diámetro [m]; 0.0127 [m]
- Q<sub>d</sub> : Caudal de diseño [m<sup>3</sup>/s]; 0.000016 [m<sup>3</sup>/s]

Diámetros de la manguera de succión se estableció de 1/2" mediante la aplicación de la ecuación 19, se calculó la velocidad.

- **Pérdidas de carga por impulsión**

$$H_{fs} = K * L * \left( \frac{V^{1.75}}{D^{1.25}} \right)$$

#### **Ecuación 20. Pérdida de carga de Darcy-Weisbach**

- H<sub>fs</sub> : Pérdidas carga por longitud [mca]
- K : Constante de material
- L : Longitud de tubería [m]
- V : Velocidad [m/s]

El coeficiente material se tomó el valor referente a normativa ecuatoriana de construcción (NEC); se consideró el material que manguera para la succión del agua lluvia hacia el sistema de cultivo, como el material está hecho de plástico tiene una constante de 0.0054 correspondiente a un largo de 2.5 m.

- **Pérdidas por accesorios en cultivo hidropónico**

Se tomó en cuenta las constantes de pérdida por accesorios, mostrada a continuación.

**Tabla 5.** Coeficiente de accesorios [18]

<b>Pieza, conexiones dispositivas</b>	<b>K</b>	<b>Pérdidas totales</b>
3 codo largo de 45°	0.20	0.6
7 Tee con flujo en línea recta	0.10	0.7

Por lo tanto, se tiene una  $K=1.30$

$$H_{ai} = K \left( \frac{V}{2g} \right)$$

**Ecuación 21.** Pérdida de carga por succión (NEC,2021)

$H_{ai}$  : Pérdidas carga por accesorios [mca]

$K$  : Constante adimensional

$g$  : Gravedad de 9.8 [m/s<sup>2</sup>]

$V$  : Velocidad [m/s]

## **2.6 Planteamiento de sistema hidropónico NFT**

El uso inadecuado del recurso vital es una problemática en la actualidad debido que la población tiene ideas erradas, que nunca se agotará el recurso y permanecerá intacta para las generaciones futuras. En consecuencia, se tiene una mala idea de la interpretación del ciclo del agua; si bien el agua en la tierra va cambiando se debe tener en cuenta importancias para no provocar la lluvia ácida causada por la contaminación atmosférica, producto de actividades humanas, por ejemplo el uso de plaguicidas, pesticidas y fertilizantes para cultivos, por lo tanto, se plantea a través de área de captación del domicilio,(ver figura5), recoger el agua lluvia escurrida por la cubierta para luego ser distribuida a los cultivos para tener productos fresco y naturales.

Para el uso adecuado del recurso de planteo un sistema hidropónico NFT, se propuso un sistema de casero (ver figura 8), con la utilización de materiales de PVC para la infraestructura de la propuesta. Este sistema beneficiara a los miembros de la familia, con cultivos de lechuga en menor tiempo a comparaciones de cultivar en forma tradicional. La trasplantación de lechuga se dará en las semanas primeras para luego ser ubicadas en

los canales de cultivo propuesto (ver Anexo III), con beneficio de agua que recirculara en forma de serie, para luego ser devuelta al tanque de almacenamiento.



**Figura 8.** Sistema NFT [19]

## **2.7 Caudal de riego para el sistema NFT**

Intagri (2022) señala que para el sistema de hidroponía NFT que se basa en la recirculación permanente, con una lámina fina de solución nutritiva, cuya lámina no deberá alcanzar los 5mm, favoreciendo a la aireación de la solución nutritiva y raíces. Por otra parte, el flujo recomendado es aproximadamente 2 litros por minuto, aunque el rango recomendado por productores es de 1 a 4 litros por minuto. El caudal permite que las raíces tengan una oferta necesaria de oxígeno, agua y nutrientes. Sin embargo, a través del crecimiento de las raíces, el flujo de solución puede incrementar. La proliferación de las raíces obstaculiza el flujo de las soluciones nutritivas, sin embargo, para la lechuga no presenta inconvenientes.

## **3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

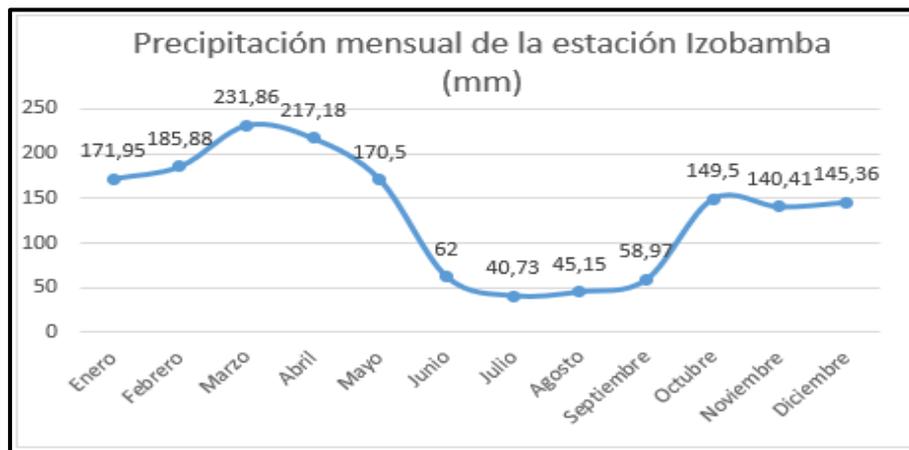
A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la obtención de datos requeridos para la propuesta de proyecto de titulación con el fin de lograr los objetivos planteados al inicio.

Con base a los resultados obtenidos de la aplicación de los cálculos, se realizó el respectivo análisis de la propuesta del aprovechamiento de agua lluvia para sistemas hidropónicos NFT, con base a precipitaciones de estación de Izobamaba.

### **3.1 Precipitaciones**

Para llevar adelante esta propuesta para los miembros de la residencia familiar, unos de los factores indispensables para conocer la cantidad de agua es conocer las precipitaciones expuestas anteriormente, esta nos ayudara a determinar la oferta de agua pluvial captada por el área de aportación para el abastecimiento al sistema de hidropónico NFT.

El sector ubicado al sur de Quito cuenta con una buena disponibilidad de precipitaciones durante los últimos 10 años, además la superficie de captación con un área de aportación utilizable para ejecutar la propuesta.



**Figura 9.** Precipitación promedio mensual en la Estación Izobamba

En la figura 9, se observó que las precipitaciones mensuales promedio en los años 2008 a 2018 en la estación Izobamba (M0003) se observó que el pico con mayor precipitación se encuentra en el mes de marzo con valores de 231.86 mm, mientras que el pico menor está en el mes de Julio con 40.73 mm considerando como un período de menos presencia de lluvia.

$$P_{pi(\text{Diciembre})} = \frac{1453.6}{10} = 145.3 \text{ mm}$$

**Tabla 6.** Promedio mensual de agua durante últimos 10 años

Mes	Precipitaciones promedio mensual (mm)
Enero	172
Febrero	185.9
Marzo	231.9
Abril	217.2
Mayo	170.5

Junio	62
Julio	40.7
Agosto	45.2
Septiembre	59
Octubre	149.5
Noviembre	140.4
Diciembre	145.4

Con la ecuación 2, se encuentra el recurso hídrico promedios mensuales corresponde a 1L m<sup>2</sup> cuadrado, es decir, 1 mm para regar 1 m<sup>2</sup> de área. En la tabla 5 y figura 9, se evidencia que entre el mes de junio a septiembre son meses de bajas precipitaciones conocidos como tiempos secos.

Las variables mencionadas en metodología y términos en marco teórico permiten establecer el volumen del tanque de abastecimiento de agua pluvial, generando un ahorro de agua potable beneficiario para los miembros del domicilio. Como indica la guía, los valores deben colocarse de mayor cantidad a menor cantidad de precipitación para los últimos 10 años estudiados.

### 3.2 Oferta disponible de aguas lluvia

Mediante la utilización de la ecuación 5 se obtuvo valor del área de aporte inicial para la captación de agua lluvia de 9.08 de m<sup>2</sup> para los cálculos respectivos a la oferta mensual disponible por cada mes en los últimos 10 años, se toma en cuenta que el mes de mayor oferta disponible se encuentra en marzo con 1.90 m<sup>3</sup>, por lo contrario, para el mes julio representa un 0.33 m<sup>3</sup>.

$$A = 4.30 \times 2.11$$

$$A = 9.08 \text{ m}^2$$

A continuación, en la tabla 7 se conoció la oferta disponible de agua lluvia.

**Tabla 7.** Oferta disponible de aguas lluvia con área inicial

Mes	Precipitación mensual Promedio [mm]	Coefficiente de escorrentía	Área de captación [m <sup>2</sup> ]	Oferta disponible [m <sup>3</sup> /mes]
Enero	172.0	0.9	9.08	1.41
Febrero	185.9	0.9	9.08	1.52
Marzo	231.9	0.9	9.08	1.90
Abril	217.2	0.9	9.08	1.77
Mayo	170.5	0.9	9.08	1.39

Junio	62.0	0.9	9.08	0.51
Julio	40.7	0.9	9.08	0.33
Agosto	45.2	0.9	9.08	0.37
Septiembre	59.0	0.9	9.08	0.48
Octubre	149.5	0.9	9.08	1.22
Noviembre	140.4	0.9	9.08	1.15
Diciembre	145.4	0.9	9.08	1.19

En la tabla 7, se puede observar que para el sistema hidropónico NFT la oferta disponible de agua cubre con la demanda, con la nueva área de aporte inicial que cubre con demanda del cultivo hidropónico. Sin embargo, se consideró incrementar el área de aporte para que los componentes del sistema propuesto de captación de agua lluvia se encuentren dentro de la lámina metálica y su sobrante sirva de limpieza de hileras y riego de plantas dentro de la vivienda.

**Tabla 8.** Oferta mensual disponible de aguas lluvia con la nueva área propuesta.

Mes	Precipitación mensual Promedio [mm]	Coefficiente de escorrentía	Área de captación [m <sup>2</sup> ]	Oferta mensual disponible [m <sup>3</sup> / mes]
Enero	172	0.9	25.8	3.99
Febrero	185.9	0.9	25.8	4.32
Marzo	231.9	0.9	25.8	5.38
Abril	217.2	0.9	25.8	5.04
Mayo	170.5	0.9	25.8	3.96
Junio	62	0.9	25.8	1.44
Julio	40.7	0.9	25.8	0.95
Agosto	45.2	0.9	25.8	1.05
Septiembre	59	0.9	25.8	1.37
Octubre	149.5	0.9	25.8	3.47
Noviembre	140.4	0.9	25.8	3.26
Diciembre	145.4	0.9	25.8	3.38

Ejemplo de cálculo:

$$A_i = \frac{172 * 0.9 * 25.8}{1000}$$

$$A_i = 3.99\text{m}^3$$

- **Número de plantas para el sistema hidropónico NFT**

El número de plantas se conoció mediante la utilización del software Civil 3D, junto la longitud de tubería PVC de 1.50 metros establecido. El sistema hidropónico, constó de 4 hileras; se colocó el cultivo a una distancia de 20 cm teniendo una total de cinco plantas, por lo tanto, se tiene en total de veinte plantas por todo el sistema hidropónico.

- **Dotación de planta**

Mediante la aplicación de la ecuación 7,8 y 9 se obtuvo los valores representados en la tabla 8, de la demanda mensual para el cultivo hidropónico NFT. Se tiene un valor de dotación de 1.67 litros por planta. El volumen se encuentra en un rango cercano al que se indica en la bibliografía, pero puede variar según el tipo de planta a que se vaya a cultivar.

$$\text{Dot} = \frac{(13.24 - 1) * 1000}{365 * 20}$$

$$\text{Dot} = 1.67 \text{ (L/planta/día)}$$

**Tabla 9.** Demanda acumulada mensual.

Mes	Nu [Número de plantas]	Nd [Número de días del mes]	Dotación	Di mensual [m <sup>3</sup> / mes]	Di mensual acumulada [m <sup>3</sup> / mes]
Marzo	20	31	1.67	1.04	1.04
Abril	20	30	1.67	1.00	2.04
Febrero	20	28	1.67	0.94	2.97
Enero	20	31	1.67	1.04	4.01
Mayo	20	31	1.67	1.04	5.04
Octubre	20	31	1.67	1.04	6.08
Diciembre	20	31	1.67	1.04	7.11
Noviembre	20	30	1.67	1.00	8.12
Junio	20	30	1.67	1.00	9.12
Septiembre	20	30	1.67	1.00	10.12
Agosto	20	31	1.67	1.04	11.16
Julio	20	31	1.67	1.04	12.19

Sí existieran valores negativos en la diferencia entre oferta y demanda acumulada, se verifica que el área de captación de agua pluvial es insuficiente para compensar la demanda de líquido vital durante los meses de año para el ciclo de cultivo (ver tabla 10).

**Tabla 10.** Oferta parcial vs Demanda parcial

<b>Mes</b>	<b>Precipitación mensual Promedio [mm]</b>	<b>Oferta de agua con pérdidas [m<sup>3</sup> / mes]</b>	<b>Demanda de la planta [m<sup>3</sup> / mes]</b>	<b>Diferencia entre oferta y demanda</b>
Marzo	231.9	5.29	1.04	4.26
Abril	217.2	4.96	1.00	3.96
Febrero	185.9	4.24	0.94	3.31
Enero	172	3.93	1.04	2.89
Mayo	170.5	3.89	1.04	2.86
Octubre	149.5	3.41	1.04	2.38
Diciembre	145.4	3.32	1.04	2.28
Noviembre	140.4	3.21	1.00	2.20
Junio	62	1.42	1.00	0.41
Septiembre	59	1.35	1.00	0.35
Agosto	45.2	1.03	1.04	-0.003
Julio	40.7	0.93	1.04	-0.11

El área de 25.8 m<sup>2</sup> tendrán los componentes como interceptor de primeras aguas, filtro, tanque de almacenamiento y sistema hidropónico dentro del techado, la oferta se asumió con bases al área optimizada de 25.8 m<sup>2</sup> provocando que el volumen de almacenamiento sea demasiado grande de 4.26 m<sup>3</sup> indicada en la tabla 8 .Para la determinación del volumen se asumió no tomar en cuenta la ofertas y demandas acumuladas, en consecuencia por falta de información en la demanda de agua para el sistema hidropónico NFT provoca un sobredimensionamiento en la propuesta, por lo tanto la superficie de captación se ejecutó tanteando teniendo en cuenta la superficie aprovechable dentro del área de implementación del sistema considerando un tanque de PLASTIGAMA con capacidad de 250 L.

En tabla 10, al incrementar el área de aporte, se debe considerar que si la diferencia entre la oferta y la demanda se encuentran números positivos el volumen de tanque de almacenamiento será el número mayor de la columna como se observa en el mes uno,

sin embargo, existen valores negativos para los dos últimos meses es decir la oferta será menor a la demanda, el valor corresponderá a m<sup>3</sup>.

**Tabla 11.** Diferencias entre oferta y demanda

<b>Diferencias entre oferta y demanda [m<sup>3</sup>/mes]</b>		
Área techo [m <sup>2</sup> ]	Valor máximo [m <sup>3</sup> ]	Valor mínimo [m <sup>3</sup> ]
9.08	0.828	-0.504
25.8	4.26	-0.003

Mediante los cálculos obtenidos existen valores negativos entre la oferta y demanda, es posible ver que no abra una seguridad en el sistema en un mes determinado para las dos áreas de techo indicadas, a su vez, no constará con el agua pluvial demandada, en efecto el área de captación será insuficiente, (ver tabla 11), pero cabe mencionar que el agua almacenada recirculada para el sistema de cultivo hidropónico NFT, a su vez, servirá para las limpiezas de los componentes.

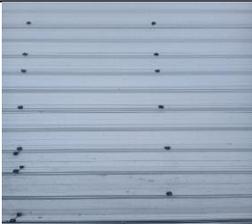
### 3.1 Captación

Para la captación del sistema hidroponía NFT, riego de plantas y el uso de limpieza para el mismo sistema, en el diseño se propone implementarse en el cuarto piso de la residencia familiar en el barrio Reino de Quito que se caracteriza por tener componentes de drenaje pluvial, que se reflejan en la tabla 12, contando con el buen estado, generando un beneficio del uso de material para la nueva área de aporte.

Los elementos se caracterizan por tener un 2% de pendiente y un área que permite que las precipitaciones se encarrilen hacia el sistema interceptor de primeras aguas.

**Tabla 12.** Componente del área de captación identificados.

<b>Componentes de drenaje pluvial existentes en la zona de estudio</b>			
<b>Componentes</b>	<b>Figura</b>	<b>Material</b>	<b>Dimensiones</b>

Cubierta		Lámina metálica	9.08 m <sup>2</sup>
Canaletas		Tubo de PVC <i>Continuación de tabla 12.</i>	4" de 4.38 m largo
Bajante		Tubo de PVC	2"

El techo estas construidos por material de bajos costo tales como la lámina metálica que posee un coeficiente de escorrentía, esencialmente disminuyen las partículas arrastradas y recolectada el agua pluvial hacia el interceptor de primeras aguas. La geometría del techo se midió referente al área horizontal, con el cambio del área de galvanizado, aporte se aumenta el material de captación con el requerimiento de 8 planchas de Zinc, para el recubrimiento de los componentes ya mencionados. Para establecer la demanda acumulada y oferta acumulada se realizó a través de las fórmulas propuestas por CEPIS, en la ecuación 5 y 8. Los cálculos de la diferencia entre las dos variables plateadas con el área de 25.8 m<sup>2</sup> con un volumen total 25.42 m<sup>3</sup> por lo tanto, se considera valores parciales de oferta y demanda, (ver tabla 8), para conocer la capacidad en volumen del tanque de almacenamiento.

Se permite proyectar un volumen mínimo del almacenamiento de agua que satisfaga el sistema hidropónico NFT, riego de plantas dentro de la vivienda y limpieza de las hileras donde se colocan las plantas; además para alcanzar un costo mínimo en la propuesta del proyecto.

Para calcular el abastecimiento se partió del levantamiento de información de la residencia familiar, la estación más cercana como la Izobamba, de este modo se conoce las precipitaciones expuestas anteriormente, el coeficiente de escorrentía que depende del material de la cubierta con un coeficiente de 0.9, además del área del techo que se

plantea que deja como resultado una oferta de agua lluvia para satisfacer la demanda del cultivo.

Así mismo, se calcula la demanda mensual para el sistema hidropónico NFT dependiendo de número de plantas que se colocaran en las hileras de 1.5 m de largo con una distancia prudente para cada planta de lechuga y así obtener un promedio de número de plantas para sistema hidropónico y la cantidad de agua lluvia que recirculara.

Las variables que principalmente se asumieron para la proponer la propuesta son las siguientes:

- Número de plantas totales beneficiadas para el sistema hidropónicos NFT
- Área de captación inicial y optimizada: 9.08 y 25.8 m<sup>2</sup>
- El material de la cubierta para recolectar el agua lluvia.
- Factores de escorrentía por CEPIS de Ce=0.9
- Dotación de la planta =1.67 L/planta/día

### 3.2 Recolección y Conducción

Estos procesos se darán con el uso de tuberías de PVC de 4" y 2" para recolectar y conducir el agua pluvial hacia el tanque de primeras aguas. El volumen obtenido del interceptor se da a partir de uso de la ecuación 15, teniendo como resultado un volumen de 30 L. La velocidad del agua en la bajante se obtiene de la ecuación 13, continuamente se buscará el caudal del bajante.

$$V_b = \frac{1}{0.01} * \left( \frac{0.0508}{12} \right)^{2/3} * 1^{1/2}$$
$$V_b = 2.16 \text{ m/s}$$

$$Q_b = \frac{\pi 0.0508^2}{12} * 2.16$$
$$Q_b = 0.0015 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para obtener el valor de caudal pluvial se maneja las ecuaciones 11, obteniendo el valor de 0.870 L/s.

Para la debida aplicación de ecuación de intensidad de lluvia planteada se toma valores designados por parte de la estación del Distrito Metropolitano de Quito, con periodo de retorno de 10 años y tiempo de escurrimiento de 5 min.

### 3.3 Filtro lento de arena

El filtro posee variedades de materiales dependiendo entre sí, siendo minerales encontrados en la naturaleza. Su función es purificar un determinado porcentaje el agua que pasa en él, por ello se toman en cuenta las recomendaciones de diseño en la guía de diseño de filtros en múltiples etapas tales como: altura del medio filtrante debe encontrarse en el rango de 1.0 a 1.5 m como se indica en la figura 10.

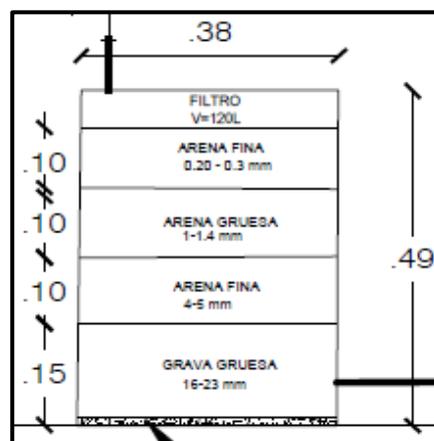
Para la determinación del área superficial, se aplica la ecuación 16 y 17 por efectos de cálculo se toma el caudal requerido por la planta para el sistema hidropónico de  $0.06 \text{ m}^3/\text{h}$  y velocidad recomendada por la guía de  $0.2 \text{ m/h}$ , con lo cual se tiene las siguientes dimensiones.

**Tabla 13.** Dimensionamiento de filtro.

Diámetro	0.61 m
Área superficial	$0.3 \text{ m}^2$
Radio	0.30 m

Caudal filtrado se encuentra a través de la multiplicación del área superficial y la velocidad de filtrado obteniendo un valor de  $0.06 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Para determinar el recipiente del filtro se establece los criterios de diseño con un tanque de plásticos de 120 L.



### Figura 10. Diseño de filtro [17]

La grava y arena a usa debe ser del mismo tamaño para formar una capa que detiene partículas simples, y tener un diámetro efectivo 0.15 - 0.35 mm y 2 - 64 mm. El medio filtrante constara con estos materiales para un funcionamiento adecuado como se indica en la figura 10.

Mantenimiento del lecho filtrante, tanto en la entrada como salida del fujo debe estar libre de residuos gruesos provenientes de la recolección del agua pluvial en la captación, por ello es necesario contar de frecuencia de limpieza mensual, esto se realiza a simple vista en base a la persona encargada de operar el sistema, de la misma forma se verifica el grado de agotamiento de los lechos que dependerá de la magnitud de la acumulación de materiales suspendidos para que no se obtenga obstrucciones en la salida hacia el tanque el almacenamiento.

Sí el agua filtrada se encuentra aglomerada y en su salida no se visualiza una eficiencia, se debe realizar una limpieza de forma empírica y manual, tomando como herramienta de trabajo los utensilios como: espátula y pala, para el raspado de la primera capa de arena con lodo. Se extrae los siguientes materiales filtrantes, esto se debe extrae por capaz para luego ser limpiado junto con el tanque de filtro para eliminar la materia suspendido y agua con lodo.

### 3.4 Tipo de bomba a elegir

Mediante la sumatoria de altura manométrica en succión, como se indica a continuación, se determinó la potencia de la bomba a través de uso de la ecuación 19.

$$H_{ms} = 2 + 0.000213 + 0.00192$$

$$H_{ms} = 2.002 \text{ mca}$$

$$P_t = \gamma * Q * H_{ms}$$

**Ecuación 19.** Potenciade la bomba

$P_t$  : Pérdidas carga por accesorios [N\*m/s]

$\gamma$  : Peso específico del agua [N/m<sup>3</sup>];10000[N/m<sup>3</sup>]

$Q$  : Caudal [m<sup>3</sup>/s]

$H_{ms}$  : Altura [m];

Por lo tanto, remplazando los datos en la ecuación se tiene lo siguiente.

$$p_t = 1000 * 0.000016 * 2.002$$

$$p_t = 0.33 \frac{\text{N} * \text{m}}{\text{s}} = \text{W}$$

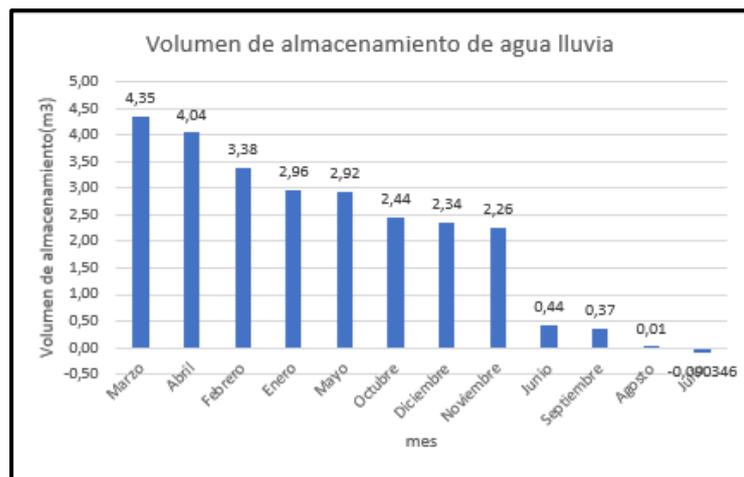
Teniendo en cuenta que la bomba sumergible tendrá que impulsar el líquido a 2 metros de altura lo cual se eligió el catálogo de ACUADEMIC- Ocean Runner OR 2500, funciona potencia de vatios de 38, y muy útil por el bajo consumo de energía, con capacidad máxima de 2.400 L por hora, la bomba será utilizada para esta propuesta. (Ver figura 11)



**Figura 11.** Bomba sumergible

### 3.5 Almacenamiento

Se aplicó la ecuación 10 anteriormente desarrollada en metodología para establecer el tanque de almacenamiento los cual se tuvo como resultados reflejados en la figura 12 para el área de 25.8 m<sup>2</sup> que servirá para el abastecimiento de agua para el sistema hidropónico NFT.



### **Figura 12.** Volúmenes de agua pluvial.

Con base a la información se deduce que para el mes de marzo alcanza el volumen de agua altamente alto durante el año, sin embargo, para los meses siguiente siguientes no supere la demanda de la oferta, se debe mencionar que no se tendrá en cuenta la parte acumulada, debido a que no se tendrá la necesidad de acumular. Por otra parte, para el mes doce habrá un valor negativo para este caso, se usará un mínimo de agua potable.

Como se refleja para el mes de marzo con las variables determinadas, el volumen de almacenamiento del tanque se encuentra con cantidad alta de agua pluvial con  $4.35 \text{ m}^3$  para el sistema hidropónico NFT y riego para plantas internas.

Se plantea un tanque de almacenamiento de  $0.25 \text{ m}^3$  en producto de PLASTIGAMA con base de 69.5 cm y largo de 88 cm, que se ubicará dentro de área de captación propuesta. El agua pluvial filtrada evitar el paso de materia suspendida para no afectar al funcionamiento de la bomba sumergible, además el tanque deberá constar con una tapa para cubrir, de manera que no intervengan otros factores.

### **3.6 Red de distribución**

Con la finalidad de minimizar costos se plantea el uso de manguera hidráulica de 1/2" que se ubicara conectada a la bomba sumergible y a la entrada del sistema de cultivo, así asegurando un adecuado funcionamiento. Para el sistema hidropónico NFT es necesario conocer la estructura que se planeada, por lo cual se elige el diseño en el AutoCAD mostrada en el Anexo IV, contruidos con accesorios de PVC y soporte de madera que ayudara que la estructura se encuentre más segura.

Además, resulta beneficios debido que en sector donde se encuentra ubicado esta propuesta se tiene una gama amplia de espacio para instalar adecuado de cada uno de los componentes.

### **3.7 Propuesta de diseño.**

Para el diseño de sistema hidropónico NFT se trazaron líneas de conducción por gravedad por lo cual es necesario implementar una bomba sumergible al interior del tanque del almacenamiento para bombear el agua que será necesario para la distribuirá al cultivo.

Para el sistema hidropónico se utilizará una bomba sumergible y manguera que ayudará a la distribución al inicio de sistema propuesto con un codo de ½ pulgada que descenderá a través de un orificio hacia otro extremo en forma de serie. El tanque de almacenamiento que contendrá el agua filtrada de una tubería de 16 mm como se evidencia en Anexo III. Para este diseño se utilizarán el agua lluvia captada por los subsistemas como: captación, conducción, filtración y distribución. Se utilizará los materiales como canaletas y bajantes de tuberías de PVC de 3” y 2”, encontrados en el levantamiento de información respectivamente para optimizar costos como se indica en la tabla 14 y 15.

Así mismo, la tubería del sistema de captación tendrá una pendiente del 1%, con el fin de garantizar el descenso del agua al extremo final de la canaleta. Por otra parte, se colocará un filtro que permitirá purificar el agua antes de llegar al tanque de almacenamiento, y a través de una bomba el agua será distribuida hacia todo el sistema NFT. De esa manera, todas las plantas se proveerán de los nutrientes necesarios para su crecimiento.

A la vez, el tanque de almacenamiento contará con una llave de paso, la cual se encontrará cerca de sistema de drenaje. Esto ayudará para evitar que el agua sobrepase el límite del volumen permitido del tanque, por otro lado, debe contar con una llave en el tanque para que el agua puede ser utilizada para otras actividades domésticas.

**Tabla 14.** Presupuestos alternativos para sistema de aprovechamiento.

<b>Materiales de diseño del sistema de aprovechamiento</b>			
<b>Captación</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (dólares)</b>	<b>Precio total (dólares)</b>
Zinc de acero galvanizado	8	8.75	70.00
Mano de obra	1	50	50.00
<b>Conducción</b>			
Yee de 2”	1	3.79	3.79
Codo de 45 2” (unión roscable)	1	4.25	4.25
Válvula de bola 2” 6.40m	1	16.13	16.13
Tanque de 30 L	1	12.50	12.50
Grifo de tanque	1	11.90	11.90

Tuvo de PVC 2" 6.40	1	14.79	14.79
<b>Filtración</b>			
Malla delgada	1	1.75	1.75
Arena gruesa	1 kilo	3.15	6.30
Arena delgada	1 kilo	3.50	7.00
Grava	25 kg	14.98	14.98
Tanque de 120 L	1	31.20	31.20
Algodón	1	1.75	1.75
<b>Almacenamiento</b>			
Tanque de 250 L	1	53.03	53.03
Llave de paso 5/8" (cromada)	1	7.76	7.76
		<b>TOTAL</b>	<b>302.88</b>

Mientras que para la construcción del diseño para el sistema hidropónico NFT se proponen los siguientes materiales:

**Tabla 15.** Presupuesto de diseño del sistema hidropónico NFT

<b>Materiales de diseño del sistema de hidropónico NFT</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario (dólares)</b>	<b>Costo Total (dólares)</b>
Bomba de caudal máx 2500 L/h	1	31.22	31.22
Tubo de PVC de 6.40 m 1/2"	1	13.25	13.25
Teé de PVC 1/2" (unión roscable)	7	1.94	13.58
Unión PVC 1/2"	6	0.22	1.32
Tapas para tubería de PVC 3" (unión roscable)	8	0.94	7.52
Tubo de PVC de 6.40 m; 3"	1	18.59	18.59
Manguera transparente 1 m	1		4.50
Codo 90 PVC 1/2"	3	0.44	1.32
Canastillas 9.5cm x8cm	20	-	5.00
Pegamento de tubería	1	7.99	7.99

Semillas de lechuga	1	1.00	1.00
		<b>TOTAL</b>	<b>105.29</b>

El resumen de costos para la implementación de sistema de reutilización de agua lluvia para cultivos hidropónicos se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 16.** Resumen de presupuesto

<b>Concepto</b>	<b>Costo total (dólares)</b>
Sistema de aprovechamiento de agua lluvia.	302.88
Sistema hidropónico NFT	105.29
<b>TOTAL</b>	<b>408.17</b>

Los rubros obtenidos en cada tabla corresponden a los valores presentes en el boletín de la Cámara de la Construcción.

Además, dentro de los costos totales se considera todos los materiales necesarios tanto para la implementación del sistema de agua lluvia como para el sistema NFT. Sin embargo, es posible que durante la construcción se presenten imprevistos como el transporte o la compra de alguna herramienta, para ello se puede considerar un costo extra de \$50,00.

## **4 CONCLUSIONES**

La propuesta de aprovechamiento de agua lluvia en un sistema hidropónico, demuestra que es una manera de reutilizar de forma eficiente un recurso hídrico gratuito, reduciendo así el costo de agua potable. A la vez, por el ahorro de agua permite generar una conciencia ambiental para quienes utilicen el sistema.

En cuanto a la recolección el cual depende del área de aportación se obtiene una oferta amplia; no obstante, la demanda requerida por parte de la planta es mínima, por ello fue necesario plantear las fórmulas CEPIS que permitieron obtener un valor que se encuentra en el rango deseado.

De acuerdo con los resultados encontrados, se pudo apreciar una gran diferencia entre la oferta y la demanda, debido a esto se planteó el uso de un tanque de almacenamiento

que se acople a los requerimientos del sistema hidropónico, a las intensidades de lluvia en la vivienda y a la utilización del agua en otras actividades domésticas.

Por otra parte, según el presupuesto que se obtuvo, la inversión inicial corresponde a un salario básico, por lo cual la implementación del sistema es factible. Además, es importante tomar en cuenta que para su construcción se puede reutilizar materiales que la familia disponga.

## **5 RECOMENDACIONES**

Es importante realizar un estudio de la calidad que presenta el agua lluvia, con el fin de conocer las características físico, químicas y biológicas. De esa manera se puede evitar posibles problemas para la salud.

De igual manera, se deberá evaluar otra posible utilización del recurso hídrico en los cuales pueda ser aprovechado al máximo, así se evita que el tanque de almacenamiento llegue a inundarse.

Es necesario tomar en cuenta la cantidad nutricional que la planta debe tener para su buen desarrollo. Para ello, una solución nutritiva a base de micro y macronutrientes pueden ser obtenidos con una adaptación de un cultivo acuapónico.

Se recomienda tener los documentos requeridos para solicitar la información pluviometría a entidades dentro del departamento del INAMHI, aquellos encargados de brindar los datos necesarios para los cálculos.

## **6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] ONU, «Organización de las Naciones Unidas,» 2020. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484732>.

[2] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura., «Lucha Contra la Contaminación Agrícola de los Recursos Hídricos. (Estudio FAO Riego y Drenaje - 55).», 1997. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/w2598s/w2598s03.htm>.

[3] Territorial, Plan Metropolitano de Desarrollo y Ordenamiento, 2015. [En línea].

[4] L. Herrera, «Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua lluvia,» 2010. [En línea]. Available:

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7945/79.pdf?sequence=1&isAllowed>.

- [5] M. Castro, «Ciclo del agua o hidrológico: etapas e importancia,» 27 Enero 2020. [En línea]. Available: <https://www.lifeder.com/ciclo-del-agua/>.
- [6] FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, , «Captación y almacenamiento de agua lluvia,» 2013. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>.
- [7] Guía Técnica para cosechar el agua de lluvia, «Opciones técnicas para la agricultura familiar en la Sierra,» 2015. [En línea]. Available: [https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water\\_harvest\\_sp.pdf](https://www.jica.go.jp/project/ecuador/001/materials/ku57pq000011cym2-att/water_harvest_sp.pdf).
- [8] CEPIS «Guía de diseño Sistema de cosecha de agua lluvia para consumo humano», 2013. [En línea]. Available: [https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/guc3ada-de-disec3b1o-de-sistema-de-cosecha-de-agua-lluvia-para-consumo-humano\\_ed\\_cr.pdf](https://acchonduras.files.wordpress.com/2014/07/guc3ada-de-disec3b1o-de-sistema-de-cosecha-de-agua-lluvia-para-consumo-humano_ed_cr.pdf).
- [9] CEPIS, «Guía de diseño para captación del agua lluvia,» 2004. [En línea]. Available: <https://cosechaagualluvia.cl/?mdocs-file=265>.
- [10] G. Mejía y P. Salamea, «Diseño de un sistema para reciclado , control y utilizacion de agua lluvia en la ciudad de Cuenca. Universidad Politécnica Salesiana,» 2011. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1420>.
- [11] I. Barragan, «Proyecto de investigación para producir tomate tipo saladette bajo invernadero mediante la técnica de hidropinía en Huixquilucan estado de México,» 2018. [En línea]. Available: <http://132.248.9.195/ptd2018/abril/0772801/Index.html>.
- [12] J. Beltrano y D. Giménez, Introducción al cultivo hidropónico., Buenos Aires, Argentina: Universidad de La Plata, 2015.
- [13] C. J. Hernández y J. L. Hernández, «Valoración productiva de lechuga hidropónica con la técnica de película de nutrientes (nft),» 2005. [En línea]. Available: <https://www.academia.edu/download/10824717/2005%20%20Nat%20y%20Des%20Vol.%203%20No.%201%20Ene-Jun.pdf..>
- [14] S. Patricia, «Evaluacion de recurso hídrico en la eficiencia del desarrollo de los cutivos en cinco barrios de Tumbaco,Pichincha,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3242/1/T-UCE-0004-100.pdf>.
- [15] J. Jaramillo, «Diseño de sistema de capacitación de aguas lluvias para riego y servicios sanitarios en la empresa COOTRASANA,» 2019. [En línea]. Available: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/13178>.

[16] D. Salazar, «Base para el diseño y sistema de las conducciones hidrosanitarias en edificaciones escolares y unidades educativas del milenio,» 5 Agosto 2016. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6936/1/T-UCE-0011-229.pdf>.

[17] CEPIS, «Guía para diseñar el tratamiento de filtración en múltiples etapas,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.elaguapotable.com/Guia%20dise%C3%B1o%20filtraci%C3%B3n%20en%20m%C3%BAltiples%20etapas.pdf>.

[18] J. Serch, «Pérdidas localizadas o accesorios,» 7 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html>.

[19] EcoInventos, «Cómo hacer un sistema hidropónico NFT casero,» 25 enero 2022. [En línea]. Available: <https://ecoinventos.com/>.

## **7 ANEXOS**

### **ANEXO I. TURNITIN**

## CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

Quito, D.M. 23 de febrero de 2022

De mi consideración:

Yo, PATRICIA PANCHI JIMA, en calidad de Directora del Trabajo de Integración Curricular titulado: DESARROLLO DE LA PROPUESTA TÉCNICA DE UN SISTEMA PARA REUTILIZACIÓN DEL AGUA LLUVIA EN CULTIVOS HIDROPÓNICOS, asociado al proyecto: SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIA EN UNA RESIDENCIA FAMILIAR UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO, DMQ, elaborado por la estudiante KATY CHICAIZA de la carrera en TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL, certifico que he empleado la herramienta Turnitin para la revisión de originalidad del documento escrito completo, producto del Trabajo de Integración Curricular indicado.

El documento escrito tiene un índice de similitud del 7 %.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, pudiendo el interesado hacer uso del presente documento para los trámites de titulación.

NOTA: Se adjunta el informe generado por la herramienta Turnitin.

Atentamente,



**Ing. Patricia Panchi Jima, Mgtr**

**Docente**

**Escuela de Formación de Tecnólogos**

## Turniti final\_Chicaiza

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>7</b> %	<b>7</b> %	<b>1</b> %	<b>2</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.unap.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>2</b>	<b>apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.unu.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>4</b>	<b>www.dspace.uce.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>5</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>6</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>7</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %
<b>8</b>	<b>Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1</b> %
<b>9</b>	<b>knowledge.unccd.int</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1</b> %

## ANEXO II. PRECIPITACIONES DE LA ESTACIÓN IZOBAMBA

<b>PRECIPITACIÓN ANUAL Y MENSUAL DE LA ESTACIÓN IZOBAMBA (M0003) 2008-2018 (mm)</b>													
<b>AÑO</b>	<b>Enero</b>	<b>Febrero</b>	<b>Marzo</b>	<b>Abril</b>	<b>Mayo</b>	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>	<b>TOTAL</b>
2008	246.6	247.5	263.5	257	216,4	111.5	28.5	96,7	103.1	199.5	108	126	2004.3
2009	295.4	186.6	262.4	189.9	102,8	48.2	7.1	29,0	9.7	86.4	88.8	209.9	1516.2
2010	45.6	103.7	114.2	189.2	149,2	100.4	196.2	52,5	79.5	89.7	249.4	304.8	1774.4
2011	138.3	193.3	143.7	262.4	92,8	61.4	69.4	76,7	56.9	197.6	30.4	164.9	1487.8
2012	254.3	227.3	197.4	219.3	64,9	10.6	19.8	20,0	20.5	167.0	169.0	30.5	1400.6
2013	43.7	230.5	128.1	101.9	239,0	9.8	8.3	43,5	38.9	191.5	45.9	79.6	1160.7
2014	177.9	135.4	242.3	141.6	186,9	43.3	12.5	49,9	78.5	132.1	112.8	79.8	1393.0
2015	94.9	78.9	233.3	152.2	102,4	10.6	30.0	6,6	21.4	118.2	193.4	49.7	1091.6
2016	166.6	103.7	185.2	318.7	131,4	44.3	18.4	10,6	82.0	110.9	28.9	193.3	1394.0
2017	171.3	170.6	331.1	163.5	227,7	149.7	5.1	42,1	53.8	113.0	124.4	170.4	1722.7
2018	84.9	181.3	217.4	176.1	191,5	30.2	12.0	23,9	45.4	89.1	253.1	44.7	1349.6
<b>TOTAL</b>	<b>1719.5</b>	<b>1858.8</b>	<b>2318.6</b>	<b>2171.8</b>	<b>1705</b>	<b>620</b>	<b>407.3</b>	<b>451.5</b>	<b>589.7</b>	<b>1495</b>	<b>1404.1</b>	<b>1453.6</b>	

## ANEXO III. GUÍA PARA EL USUARIO

# GUÍA PARA LA INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

---



# INTRODUCCIÓN

La guía que se dedica a la instalación, operación y mantenimiento del sistema hidropónico NFT, garantiza un producto de calidad para las personas interesadas en cultivar vegetales y verduras en gran cantidad, ambientada en lugares cerrados con un valor de efectividad sin uso del suelo y abastecida por el agua lluvia conservando el recurso y los nutrientes.

Ante la demanda del agua en los últimos tiempos para el sector agrícola e incremento de población. La reutilización de agua lluvia es una alternativa para cultivar, siendo así el sistema hidropónico una tecnología amigable con el ambiente evitando así, el uso de fertilizantes.

De esta manera, la disponibilidad del agua lluvia beneficiará al sistema hidropónico NFT reduciendo la contaminación de la tierra con un sistema económicamente, factible de implementar con una producción a gran escala que, a través, de la propuesta favorecerá a los propietarios de la residencia familiar los cuales serán acreedores de la presente guía. Así mismo, el desarrollo de la propuesta ayudará a que la práctica de hidroponía tenga un rendimiento máximo debido que no se usa la mano de obra para labrar como es visto muy comúnmente en cultivos tradicionales.

# COMPONENTES DEL SISTEMA

## Tanque de almacenamiento

Tanque de agua o depósito de agua de (250 L), se almacenará el agua lluvia proveniente del anterior proceso de filtrado, el agua recuperada de aguas pluviales será utilizada para satisfacer la demanda del cultivo en sistema hidropónico NFT, durante el tiempo que la planta tarde en crecer.



## Bomba sumergible



Se encuentra completamente inmersa en el tanque de almacenamiento, esta máquina bombeará el agua lluvia para drenar al sistema de cultivo, la bomba elegir dependerá de la profundidad del contenedor, es decir, debe superar la altura de la columna de agua, además se debe tomar en cuenta la distancia entre el cultivo.

## Tubería de distribución

Llevará el agua lluvia hacia el canal del cultivo.

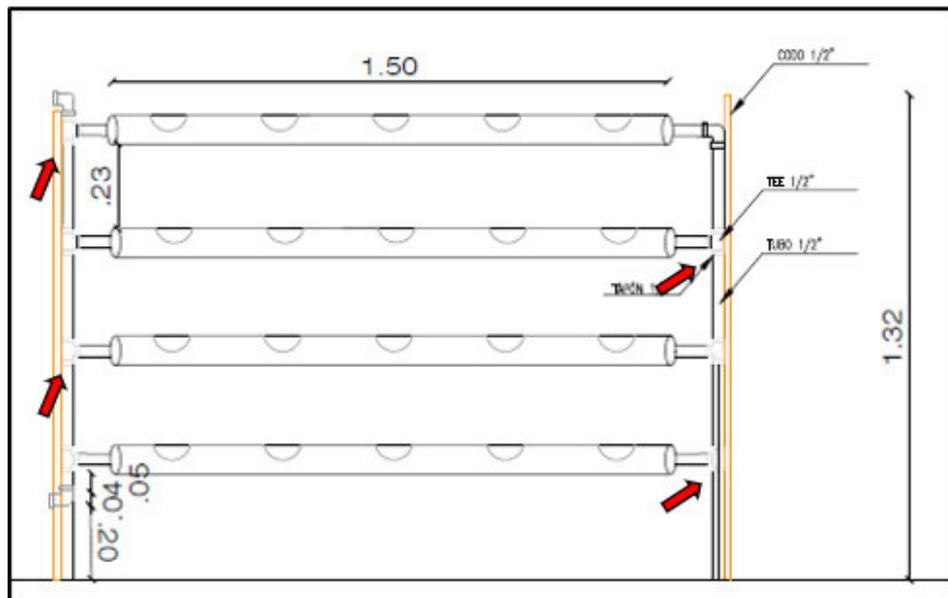


## Tubería de drenaje



Recoge el agua lluvia desde los canales y lleva de regreso hacia el tanque de almacenamiento.

# VISTA FRONTAL DEL SISTEMA NFT



## INSTALACIÓN

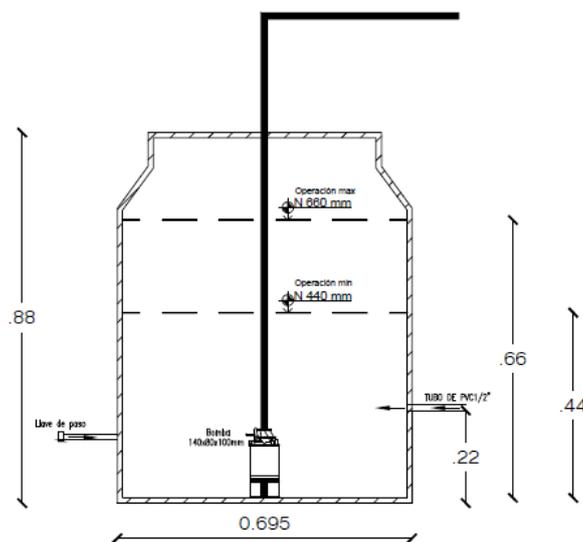
- Verificar el sitio que se realizará la instalación.
- Reconsidera el tipo de planta que se desea cultivar: lechuga, cebolla y cilantro.
- Realizar 4 cortes de 1.50 m en los tubos de 6 m de PVC de 3 pulgadas. El número de hileras dependerá de la cantidad de plantas que usuario desea tener.
- El soporte de los tubos será de madera, los 4 barrote tendrá un recorte de 45° y 60° unidos por vigas.

- Para colocar la base de la planta, se necesitará de un taladro y broca, para hacer los orificios de 10 cm con una distancia de 20 cm por planta, el agujero dependerá del recipiente que a utilizar.
- Las tapas para la tubería de PVC DE 3 pulgadas deben ser selladas con cinta de embalaje, para facilitar al momento de la limpieza, la perforación debe estar en el borde, para ajustar el nivel de agua.
- Por el tubo de PVC 1/2 pulgada, el flujo de agua será vertido hacia las siguientes hileras. Se recuerda que con una bolsa de supermercado y pegamento se tapará las secciones de la tubería indicadas, para que el fujo se de en serie.
- Finalmente se debe armar las tuberías y unirle a la estructura. El codo principal del sistema se le colocará la manguera que estará conectada a bomba sumergible, por otra parte, el tubo de retorno se encontrará ubicado al final de flujo para que el agua retorne al tanque de almacenamiento.



# OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA HIDROPÓNICO NFT

- Los criterios de operación en tanque de almacenamiento deben contar con un máximo y mínimo de operación de 660 mm a 440 mm; para el nivel superior del tanque debe quedar un espacio libre de 190 mm para evitar el desbordamiento del flujo. (ver figura 1)



**Figura 1.** Operación máximo y mínimo

- El ancho de las perforaciones para el cultivo hidropónico deberá ser de 10 cm, por lo menos, ya que el espacio ayudará a que las hojas del cultivo no se marchiten.
- Una vez que el cultivo hidropónico este ciertamente cubierta por agua las raíces, se deberá apaga la bomba sumergible Ocean Runner OR 2500, es recomendable que se tenga tiempo de bombe de 2 horas desde las 7 a.m. hasta 20:00 a.m., este tiempo se puede ampliar o reducir de acuerdo a la necesidad

de la planta y la persona encargada.

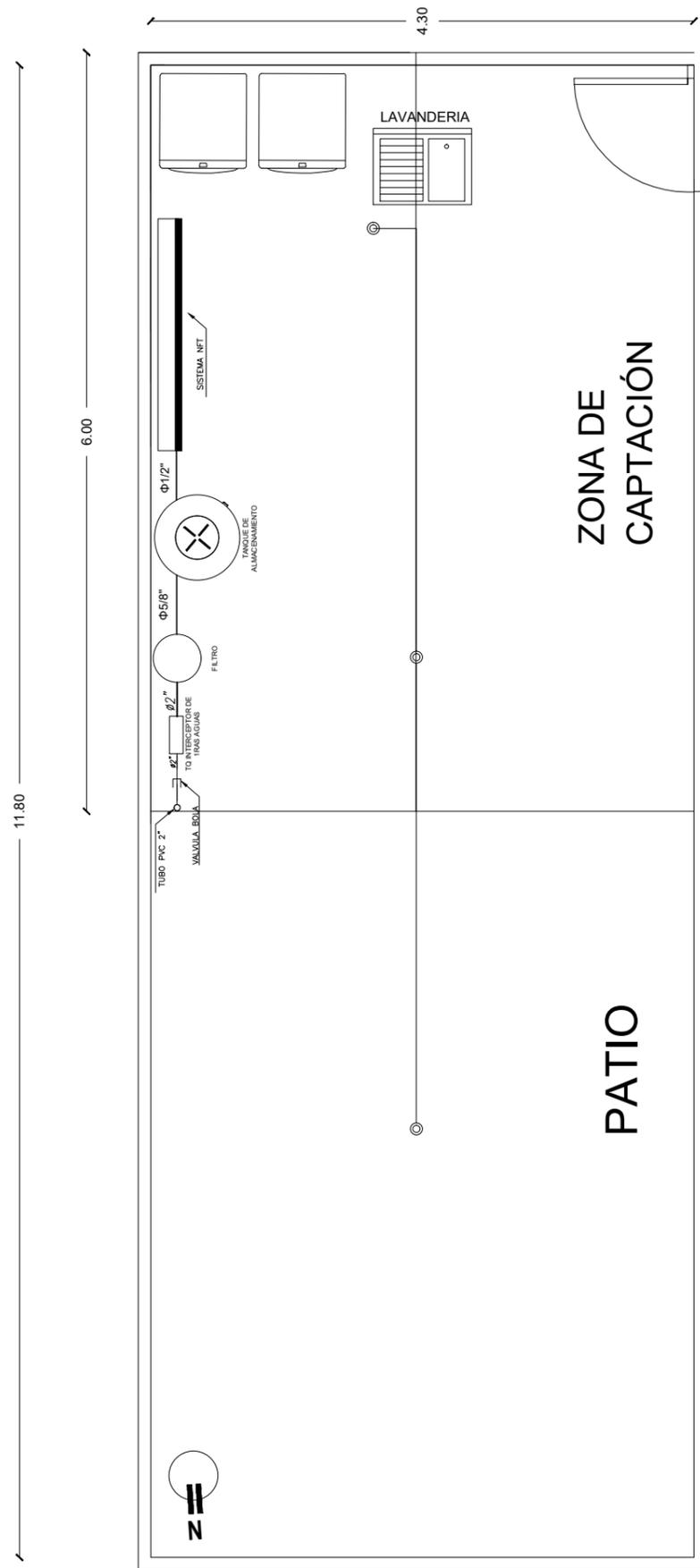
- Es importante que siempre se mantenga la limpieza las hileras para mayor comodidad del cultivo, y facilitar la eliminación de hojas viejas dañadas o muertas. Recoger la suciedad micro presente alrededor del sistema.
- El material de limpieza será trapos que ayudarán a limpiar en zonas que no se puede llegar con facilidad, se realiza esta actividad para canales de cultivos no existan la presencia de algas.
- Se quita las plantas de cada una de las hileras, para la limpieza del sistema hidropónico, se recomienda colocar en recipiente con una cierta cantidad de agua para evitar que deshidraten.
- Limpieza de tanque de almacenamiento cada 2 meses.
- Mínimo grado de dificultad en operación y mantenimiento con la utilización de utensilios de limpieza.

#### **Otras consideraciones**

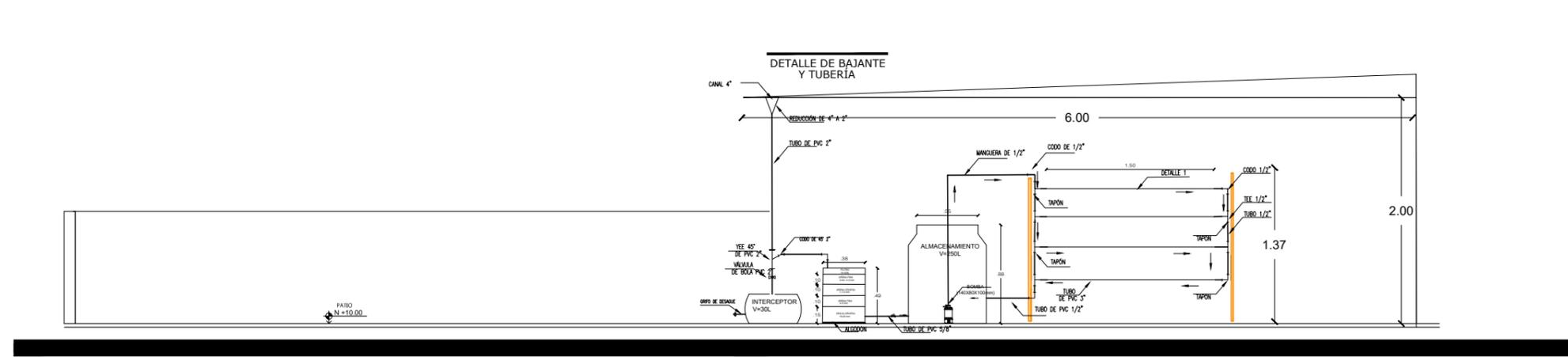
- Evitar un estrés hídrico en la planta que puede ocasionar la muerte del cultivo si no se suministra el agua debida que durante la transpiración simultáneamente pierde agua.
- Desde la implantación se requiere de una constante revisión para evitar daños en la infraestructura del sistema.
- Se realiza el trasplante pre germinativo para la lechuga, que consiste en dejar reposar con solución nutritiva envuelta con papel aluminio.
- La lechuga debe ser trasplantada luego de 1 a 4 semanas del semillero para ser ubicada en las canales del sistema NFT.

- Debido a las épocas de con bajas temperaturas, se recomienda introducir cultivos que adapten mejor a las condiciones como son guisantes y el haba, se podrá reconsiderar para otras estaciones la lechuga, cilantro y cebolla.

## **ANEXO IV. PLANOS**



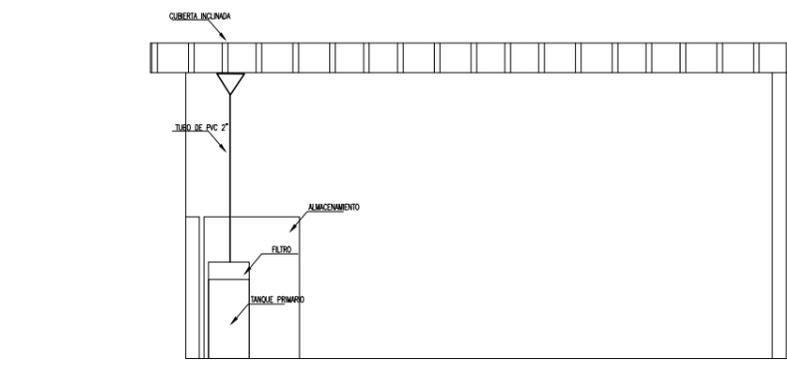
**1 PLANTA SISTEMA**  
ESCALA 1:50



**2 VISTA LATERAL SISTEMA**  
ESCALA 1:50

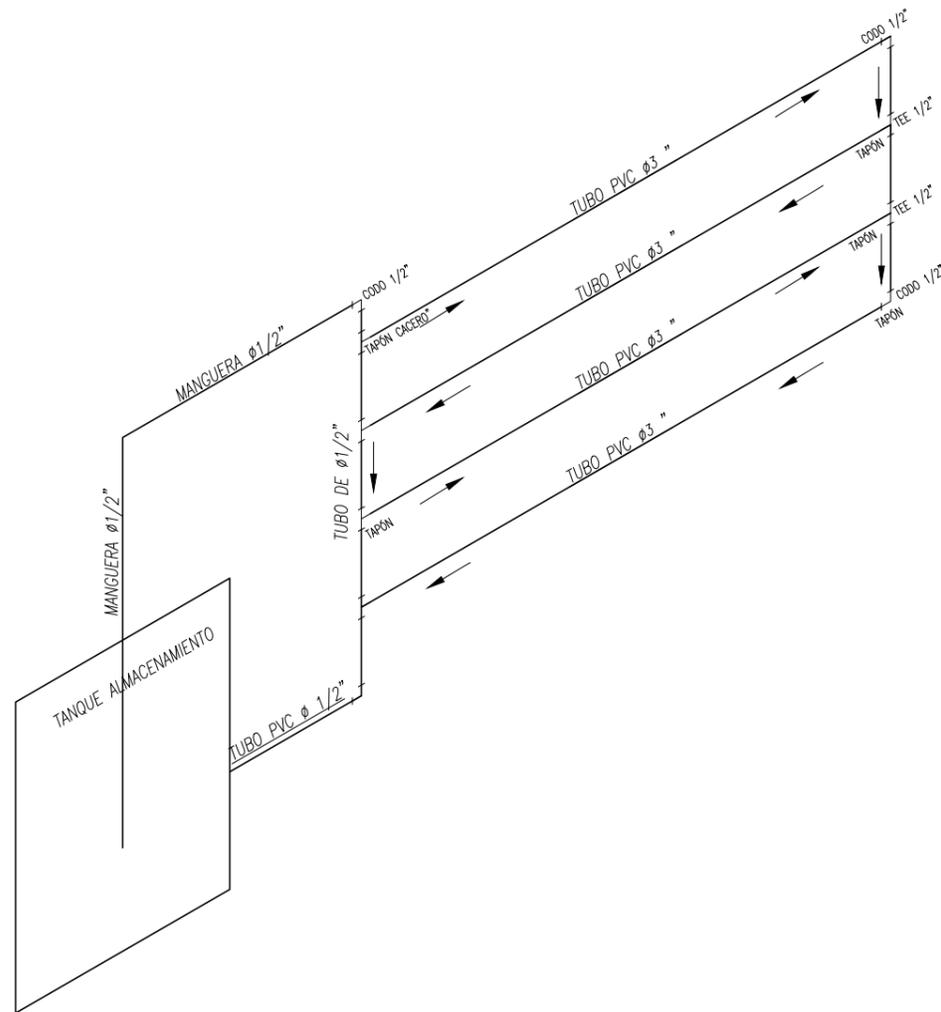
SIMBOLOGÍA / NOMENCLATURA	
	TEE CONEXIÓN
	REDUCCIÓN
	YEE CONEXIÓN
	CODO DE 45°
	CODO DE 90°
	VÁLVULA DE BOLA
	LLAVE DE PASO

SIMBOLOGÍA / NOMENCLATURA	
	TEE DE PVC 1/2"
	CODO DE PVC 1/2"
	TUBERÍA DE 1/2"
	TUBERÍA DE PVC 3"

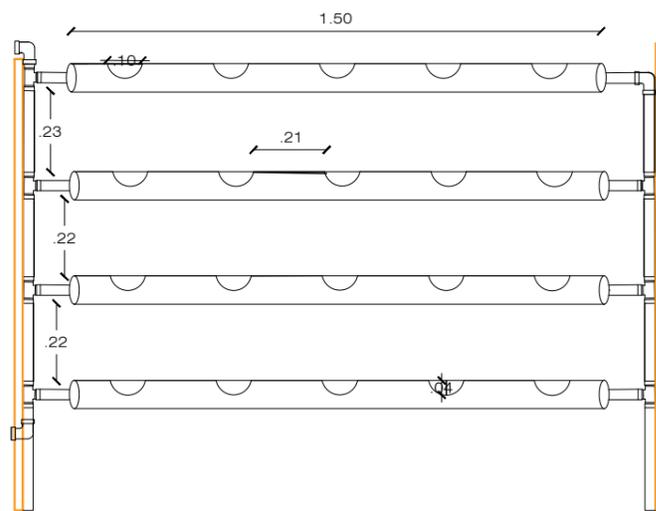


**3 VISTA FRONTAL SISTEMA**  
ESCALA 1:50

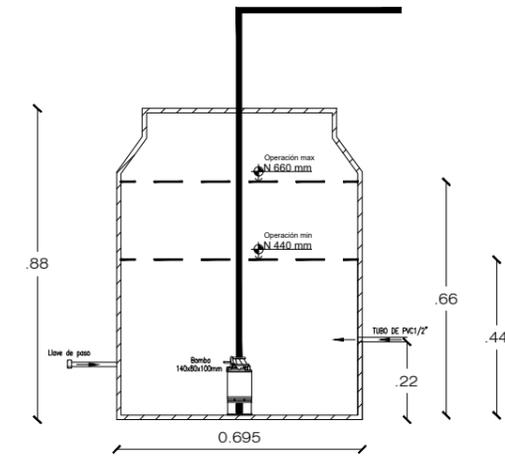
REF.	DESCRIPCION	CANT.	PL. REF.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS						
<b>Sistema de captación(vista en planta / Vista frontal)</b>						ESCALA:1:2 FECHA: 24/02/2021
DISEÑADOR: Katty Chicaiza						UNIDADES:
REVISOR: Ing.Patricia Panchi						PL. No.:



**1 ISOMETRÍA DEL TANQUE DE ALACENAMIENTO Y SISTEMA NFT**  
 ESCALA 1:20



**2 DETALLE DEL SISTEMA NFT**  
 ESCALA 1:20



**3 CORTE TANQUE DE ALMACENAMIENTO**  
 ESCALA 1:20

REF.	DESCRIPCION	CANT.	PL. REF.	MATERIAL	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<b>ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</b> ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS						 <small>ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL</small>
 <b>Detalles de los subsistemas e isometría</b>						ESCALA: 1:2 FECHA: 24/02/2022
DISEÑADOR: Katty Chicaiza						UNIDADES:
REVISOR: Ing. Patricia Panchi						PL. No.: