



Plan de Mejoramiento para Uso eficiente y Ahorro de agua en Finca Nuestra Señora, Municipio Sevilla Magdalena 2021

**Carolay Zenith Canchano Bornachera
Evelyn Paola Oñate Charris
Saidith Dayana Pérez Rivas**

Universidad Magdalena

Facultad Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental y Sanitaria
Santa Marta, Colombia

2021



Plan de Mejoramiento para Uso eficiente y Ahorro de agua en Finca Nuestra Señora, Municipio Sevilla Magdalena 2021

Carolay Zenith Canchano Bornachera

Evelyn Paola Oñate Charris

Saidith Dayana Pérez Rivas

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental y Sanitario

Director (a):

Ingeniera Civil Sully Marcela Quintero Suarez

Codirector (a):

Ingeniera Agrónoma (MSc Ciencias Agrarias) Diomara Margarita Suarez Segura

Línea de Investigación:

Proyecto de Investigación

Universidad del Magdalena

Facultad Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Santa Marta, Colombia

2021

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 41 de 2017 para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

Jurado

Jurado

Santa Marta, ____ de ____ de ____

(Dedicatoria o lema)

Dedicamos este proyecto principalmente a Dios por sus bendiciones, darnos la salud, las fuerzas, la sabiduría y habernos permitido culminar este proyecto que grandes aprendizajes nos ha regalado a nuestra vida personal y profesional.

A nuestros padres por ser nuestra compañía, por guiarnos, sus esfuerzos y por su amor invaluable. Nos hacen sentir orgullosas y no hay manera de recompensar todo lo ofrecido, muchos de nuestros logros son atribuidos para ustedes y sin lugar a duda, Este proyecto es un logro más que llevamos a cabo gran parte gracias a ustedes, porque nos han enseñado que con esfuerzo y dedicación podemos lograr grandes metas.

Agradecimientos

Le expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a:

Dios por darnos la vida y la oportunidad de llevar a cabo de manera exitosa el desarrollo del proyecto.

A nuestros padres, amigos, compañeros de estudio y todas aquellas personas que con su compañía, consejos y apoyo nos motivaron a continuar con el desarrollo de esta meta.

A la universidad por ser ese lugar acogedor y cumplir un papel fundamental en nuestra educación

A nuestros profesores porque gracias a los conocimientos que nos transmitieron logramos estructurar un medio por el cual brindamos solución a una problemática cumpliendo con uno de nuestros roles como profesionales en cuidar y preservar los recursos naturales.

A nuestra querida Ingeniera Agrónoma Diomara Margarita Suarez Segura, por ser esa docente amable, respetuosa, cariñosa que nos apoyó desde un inicio a estructurar nuestro proyecto, por sus indicaciones y orientarnos durante todo el desarrollo de este.

A nuestra directora de Tesis, Sully por habernos guiado y acompañarnos con su experiencia y sabiduría.

Sinceramente gracias

Resumen

La finca Nuestra Señora, ubicada en Sevilla Magdalena se dedica a la producción de Banano tipo exportación que comercializa a través de una Cooperativa. Actualmente, la Finca está presentando como problemática principal el poco abastecimiento hídrico necesario para el riego de cultivo y deficiente manejo razonable del agua debido a que, la captación se realiza de un pozo subterráneo el cual no está en óptimas condiciones por motivos de sedimentación y, además, este en épocas secas suele disminuir el nivel freático afectando el suministro de agua requerido para actividades de riego. Lo que, como consecuencia, restringe el aumento de productividad y desarrollo económico. Dado lo anterior, se propone implementar un plan de mejoramiento el cual consiste en:

- Diseñar hidráulicamente un reservorio para promover el reúso del agua, para ello se plantea la construcción de un reservorio que almacene aguas lluvias y el agua proveniente de las barcadillas de lavado de la fruta previo un tratamiento físico y así ser reutilizada para riego. La infraestructura se propone a nivel de suelo, puesto que en el interior de esta es donde se presenta la decantación del Látex producido por el químico (Alumbre) que funciona como coagulante/floculador permitiendo la aglomeración y precipitación del látex y a su vez clarificación del agua.
- Mejorar la infraestructura existente respecto al canal de salida de agua de las barcadillas donde se lava la fruta. Este canal incluirá rejillas que actúan como filtro (tratamiento físico) para depurar el agua que será reutilizada para el riego. Los sólidos retenidos en dichas rejillas deberán ser retirados para evitar acumulación y con ello se presente desbordamiento de agua en el canal, estos sólidos pueden ser finalmente almacenados para compostaje, beneficiándose el recurso suelo y por consiguiente la finca bananera.

El mejoramiento propuesto de este proyecto busca como finalidad primordial la oferta mayor del recurso hídrico, brindándole a demás a este último un manejo razonable, adecuado y con mayor aprovechamiento sin generar afectaciones negativas a los

recursos naturales. La infraestructura contemplada en el presente trabajo fue diseñada con parámetros propios de la Finca, como, volumen de agua consumida tanto por cultivo en riego, como para lavado de la fruta; las estructuras se hicieron de igual manera basada en espacio disponible en la finca y por último en estructuras ya existentes para su modificación y adecuación para el plan de mejoramiento de uso y ahorro eficiente de agua en la Finca Nuestra Señora, los beneficios de la ejecución de este proyecto como se ha mencionado es un mayor aprovechamiento y disponibilidad del agua, lo que a su vez genera beneficios socioeconómicos para la Comercializadora de Banano.

Palabras claves:

Reservorio, huella hídrica, aguas lluvias, abastecimiento.

Abstract

The Nuestra Señora farm, located in Seville Magdalena, is dedicated to the production of export-type bananas that it markets through a Cooperative. Currently, the Farm is presenting as its main problem the little water supply necessary for crop irrigation and little reasonable water management due to the fact that the catchments are made from an underground well which is not in optimal conditions due to sedimentation and also, this in dry seasons usually lowers the water table affecting the water supply required for irrigation activities. Which, as a consequence, restricts the increase in productivity and economic development. Given the above, it is proposed to implement an improvement plan which consists of:

- Design of a hydraulic reservoir to promote the reuse of water, for which the construction of a reservoir is proposed to store rainwater and water from the fruit washing pools after physical treatment and thus be reused for irrigation. The infrastructure is proposed at ground level, since inside this is where the decantation of the latex produced by the chemical (alum) occurs, which works as a coagulant/flocculator allowing the agglomeration and precipitation of the latex and, in turn, clarification of the water.
- Improve the existing infrastructure regarding the water outlet channel from the pools where the product is washed. This channel will consist of grids that work as a physical treatment applied to the water for its reuse. The solids retained in said grids must be removed to avoid accumulation and with this there is an overflow of water in the channel, these can finally be

stored for composting, benefiting the soil resource and therefore the banana farm.

The proposed improvement of this project seeks as its primary purpose the greater supply of water resources, providing the latter with reasonable, adequate management and greater use without generating negative effects on the natural resources. The infrastructure contemplated in the present work was designed with parameters specific to the farm, such as the volume of water consumed both by irrigated cultivation and for washing the fruit; the structures were made in the same way based on available space on the farm and finally on existing structures for modification and adaptation for the plan to improve the use and efficient saving of

water at Finca Nuestra Señora, the benefits of executing this project, as mentioned, is greater use and availability of water, which in turn generates socioeconomic benefits for the Banana Marketing Company.

Keywords:

Reservoir, water footprint, rainwater, supply.ply.

Tabla de contenido

Resumen.....	6
Introducción.....	1
1. Justificación	3
Hipótesis.....	6
Objetivos.....	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7
2. Estado del Arte	8
3 Materiales y métodos	9
3.1 Descripción del área	9
3.2 Diagnóstico del área Finca Nuestra Señora.....	10
3.3 Diseño del Reservorio	10
3.3.1 Caudal/Volumen de aguas lluvias.....	10
3.3.1.2 Volumen de cada zona.....	11
3.3.1.3 Volumen total de las zonas verdes	11
3.3.2 Caudal y Volumen proveniente de barcadillas de lavado del banano.....	11
3.3.2.1Caudal de alimentación de las barcadillas	11
3.3.2.2 Volumen de desperdicio de agua en las barcadillas	13
3.3.2.3 Volumen de agua total de desperdicio de las barcadillas de lavado.....	13
3.3.2.4 Volumen de agua en barcadilla	14
3.3.2.5 Volumen total de agua en las barcadillas.....	14
3.3.3 Volumen total de agua en barcadillas, Volumen total de desperdicio de agua en barcadillas y zonas verdes	14
3.3.4 Dimensiones del reservorio (Tanque).....	15
3.3.5 Infraestructura canal salida de agua de barcadillas	15
4 Resultado y discusión.....	17
4.1 Diagnostico Área del proyecto.....	17
4.2 Caudal y diámetro de la tubería de alimentación a reservorio, desagües agua lluvias ...	21
4.3 Volumen de Zonas Verdes.....	24
4.4 Caudal y Volumen proveniente de barcadillas de lavado del banano.....	25
4.4.1 Caudal de alimentación de las barcadillas	25
4.4.2 Volumen de desperdicio de agua en las barcadillas	26
4.4.4 Volumen de agua en barcadilla	27
4.4.5 Volumen total de agua en las barcadillas.....	27
4.4.6 Volumen total de agua en barcadillas, Volumen total de desperdicio de agua en barcadillas y zonas verdes	27
4.5 Dimensiones del reservorio	30
4.5.1 Costo del reservorio	31
4.6 Infraestructura canal salida de agua de barcadillas	31
5. Conclusión.....	33

6.	Recomendaciones.....	35
A.	Anexo: Plano de la Finca Nuestra Señora	36
B.	Anexo: Diagnóstico inicial Finca Nuestra Señora	30
C.	Anexo: Datos meteorológicos y pluviométricos IDEAM.....	33
D.	Anexo: Tablas convenciones	36
E.	Anexo: Planos Del Reservorio E Infraestructura canal salida de agua de barcadillas.....	37
F.	Anexo: Plano modificación infraestructura canal principal	40
G.	Anexo: Planos Infraestructura canal salida de agua de barcadillas con rejillas.	41
H.	Anexo: Plano Finca Nuestra Señora Con Reservorio	42
I.	Anexo: Cálculos	43
7.	Referencias	56

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Localización Municipio Zona Bananera- Magdalena	9
Ilustración 2 Curva IDF Estación San Isidro	20
Ilustración 3 Curva IDF Estación Enano El	20
Ilustración 4 Curva IDF Estación Ruby El	21
Ilustración 5 Plano Finca Nuestra Señora	36
Ilustración 6 Barcadillas de Lavado de fruta	30
Ilustración 7 Canal recolector agua residual producto de las barcadillas	31
Ilustración 8 Desembocadura del canal de agua residual de las barcadillas	31
Ilustración 9 Sangrías recolectoras de aguas lluvias	32
Ilustración 10 Zanjas recolectoras de agua proveniente de las Sangrías por aguas lluvias	32
Ilustración 11 Canal principal, Recolector de aguas lluvias y residuales del lavado de fruta. .	33
Ilustración 12 Aforo tubería de las barcadillas	33
Ilustración 13 Tapón roscado PVC	34
Ilustración 14 Vista Planta	37
Ilustración 15 Vista Perfil	38
Ilustración 16 Vista Transversal	38
Ilustración 17 Vista corte perfil reservorio	39
Ilustración 18 Vista transversal del canal principal	
Ilustración 19 Vista Perfil del canal principal	40
Ilustración 20 Canal Salida de Agua Barcadillas	41
Ilustración 21 Plano Finca Nuestra Señora Con Reservorio	42

Lista de tablas

Tabla 1	Coordenada Nuestra Señora	9
Tabla 2	Consumo agua planta diario en días asoleados	18
Tabla 3	Consumo agua planta diario en días semicubiertos.....	19
Tabla 4	Consumo agua planta diario en días nublados.....	19
Tabla 5	Caudal aportado por área de aguas lluvias	22
Tabla 6	Volumen de agua lluvias para uso	25
Tabla 7	Aproximación complemento agua cultivo por reservorio, días soleados	28
Tabla 8	Aproximación complemento agua cultivo por reservorio, días semi descubiertos	29
Tabla 9	Aproximación complemento agua cultivo por reservorio, días nublados.	29
Tabla 10	Dimensión Reservorio.....	30
Tabla 11	Datos Meteorológicos y Pluviométricos Estación San Isidro El	33
Tabla 12	Datos Meteorológicos y Pluviométricos Estación San Enano El.....	34
Tabla 13	Datos Meteorológicos y Pluviométricos Estación Ruby El	35

Lista de símbolos

Símbolo	Significado
a	Largo
b	Ancho
cm	Centímetro
cm ²	Centímetros cuadrado
d	Diámetro
h	Profundidad
ha	Hectárea
L	Litros
Lps	Litros por segundo
m	Metro
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
pulg	Pulgada
Q	Caudal
r	Relación de áreas del anillo de agua
S	Segundos
t	Tiempo
V	Volumen
%	Porce

Introducción.

El agua es un recurso fundamental para el sostenimiento de la vida en la Tierra y para el desarrollo de toda actividad social y económica (Hanasaki et al., 2013). Actualmente, la agricultura utiliza aproximadamente el 70% del agua dulce del mundo extraída principalmente de acuíferos mientras que un 50% del uso del agua en Colombia es demandada por este sector.

La actividad del banano en Colombia se ha caracterizado por ser uno de los impulsores del desarrollo nacional y regional a nivel social y económico, esta se ha gestado como una cadena agroexportadora tradicional manteniendo a través de los años su posición como exportadora neta. La agroindustria se encuentra constituida por productores individuales, productores agremiados como la Asociación de Bananeros de Colombia (AUGURA) y la Asociación de Bananeros del Magdalena (ASBAMA), Compañías comercializadoras como Unibán, Banacol, C.I. Técbaco S.A., C.I. Banasan S.A., entre otras. Los representantes de los gremios mencionados expresan que el crecimiento del banano es relevante evidenciándose para el año 2019 un cierre con la producción de 2.100.000 toneladas, de las cuales 1.800.000 t fueron destinadas a la exportación y 300.000 toneladas, al consumo nacional, lo que demuestra su contribución al desarrollo del país y la necesidad permanente por implementar más estrategias y/o programas para su fortalecimiento en producción y comercialización, por lo que buscan alternativas que les permita alcanzar estos objetivos y además sean acorde al desarrollo sostenible y sustentables.

Las plantaciones bananeras requieren un amplio y frecuente abastecimiento de agua, lo que puede afectar negativamente la oferta del recurso a mediano y largo plazo. A esto se debe agregar que, con la búsqueda continua por incrementar la producción del banano, aumenta la presión sobre este, compitiendo así con el uso de agua para otras actividades; así mismo, situaciones como el cambio climático y deterioro de las cuencas hidrológicas constituyen una amenaza para la sostenibilidad y viabilidad de este sector. Es por ello por lo que el reúso de agua se convierte en una estrategia complementaria importante para el abastecimiento de este líquido y uso de riego principalmente en los periodos de sequía que se presentan cada vez con mayor intensidad.

Llevar a cabo esta práctica se considera de gran importancia para la Finca productora de Banano “NUESTRA SEÑORA”, porque se generaría un gran beneficio, no solo porque contaría con mayor cantidad de este recurso en su área, sino que también contará con uso eficiente y ahorro de este, realizando sus actividades y cumpliendo con los compromisos de producción de Banano y promoviendo el desarrollo sostenible en su empresa.

La normatividad ambiental ha motivado la implementación de prácticas de gestión del agua, las cuales buscan reducir significativamente la huella hídrica, definida esta como la medida del consumo y de la contaminación de los recursos de agua dulce (Pulido, 2017) El reúso de agua en el sector agrícola ha sido ampliamente desarrollado de forma exitosa, apoyado por instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las Naciones Unidas, ya que alivia el estrés hídrico y promueve la conservación de ellos.

En este sentido, el presente trabajo propone estrategias de respuesta dirigidas a un uso más sostenible y eficiente del agua en la finca Nuestra Señora, como instrumento para regular, controlar y fortalecer el equilibrio entre la oferta y la demanda del recurso hídrico. En consecuencia, se diseñó un plan de manejo que permite el almacenamiento de agua residual proveniente del lavado de fruta y la de lluvias, que serán utilizadas para riego, que posibiliten la reducción del consumo de agua captada y sus impactos en las cuencas de abastecimiento, lo que de manera indirecta también aumenta la productividad y competitividad, ya que hay una mayor presencia del recurso.

1. Justificación

Si bien el sector agrícola es uno de los más sensibles ante escenarios de variabilidad y cambio climático, el reúso de agua se considera estratégico en la medida en que se constituye en un sistema complementario para el abastecimiento de agua y uso de riego principalmente en los periodos de sequía que se presentan con mayor intensidad.

La Industria del Banano busca cumplir con planes de manejo que generen menos impactos negativos sobre el recurso hídrico, por ello, realizar actividades agrícolas reduciendo la huella hídrica hace parte de las metas que apuntan a proporcionar un producto que cumpla con altos estándares de calidad para la comercialización.

Existen casos exitosos que han implementado la reducción de la huella hídrica en sistemas agrícolas. THE ELITE FLOWER, dedicada a la producción y comercialización de flores frescas cortadas, con la implementación del programa PUEAA, obtuvieron mejoras en el proceso, ahorro económico en el consumo del agua la cual generó una mejora continua que impacta positivamente en el mercado.

Según **(FAO, 2021)**, la gestión del agua en las plantaciones de banano es un tema importante, ya que, con la construcción de pozos, bombas de irrigación, sistemas de canales y drenaje superficial, la tasa de bombeo altera las aguas subterráneas y superficiales. Esto afecta el equilibrio hídrico y el suministro en las comunidades cercanas. Por esta razón, es necesario implementar prácticas de manejo adecuadas para minimizar el impacto social y ambiental del uso del agua.

La Zona Bananera es un fértil y bien irrigado cinturón aluvial de 50 KM de largo, localizado en el Caribe colombiano, más exactamente en el departamento del Magdalena, y que se ubica entre los municipios de Ciénaga y Fundación en dirección norte – sur, y desde las faldas occidentales de la Sierra Nevada hasta la Ciénaga Grande, en dirección oriente – occidente, a donde desembocan un sinnúmero de ríos y quebradas que bajan de la Sierra. Cabeza Meza, O. (2014)

El déficit de agua en la Zona Bananera no es una problemática actual, puesto que esta se ha venido presentando desde hace décadas, aproximadamente hacia inicios de las explotaciones de tierras con cultivos para exportar. Las corrientes de los ríos de la zona con menores caudales

Se sobrecargaron con cada vez más alto requerimiento, promovido por el crecimiento de las áreas cultivadas con banano, lo que a su vez era impulsado por la alta demanda internacional de la fruta. Aunado a lo anterior, la deforestación de las selvas adyacentes a las faldas de la Sierra

Nevada provocó la alteración de los ciclos hídricos, y la escasez de agua. *Cabeza Meza, O. (2014).*

Con relación a la cobertura de distritos de riego, esta zona cuenta con cuatro, Rio Tucurinca, Rio Sevilla, Rio Frio y Rio Aracataca que irrigan 21.076 Has y atienden 1.400 usuarios dedicados a cultivos de palma, banano, arroz, cítricos, yuca, frutales, cacao y pastos principalmente. *(IGAC,2019 como citó Ortega,2020)*

En la Zona Bananera solo el 48% de la población cuenta con servicio de acueducto, el 24% se abastece por un pozo con motobomba, mientras que el 3%, de la misma forma, pero sin bomba, aparte de esto, 18%, la toma directamente de la fuente rio o quebrada. Pese a que se cuenta con cuatro distritos de riego, el volumen de agua es insuficiente para cubrir las necesidades de abastecimiento tanto para uso comunitario como en las actividades de producción agropecuaria. Esta condición es una limitante no solo para sostener el número de hectáreas en producción actual, sino que restringe la expansión y producción de cultivos (nuevos o existentes), originando entre otros, una sobreexplotación en aguas subterráneas, afectaciones en la calidad y nivel de salinidad en estas fuentes, además, dado que el volumen de agua esta no logra suplir los requerimientos del territorio en especial en época de sequías, se generan disputas entre la población en cada una de las fuentes de abastecimiento.

Actualmente la finca Nuestra Señora presenta problemas con el abastecimiento hídrico necesario para el riego del cultivo, esto debido a las sequías prolongadas, condiciones climáticas y problemáticas ambientales generalizadas, sumado al inadecuado manejo del recurso. La finca se abastece de un pozo subterráneo para el suministro de agua al cultivo mediante riego por aspersión, sin embargo, el cultivo de banano es muy exigente por cuanto requiere altos volúmenes de agua.

Este se considera el problema central de este predio, por cuanto el pozo en la trayectoria de su profundidad cuenta con sedimentación y no logra suministrar la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de las actividades.

Casos exitosos como The Elite Flowers, y revisando la situación de la Finca productora de Banano “NUESTRA SEÑORA”, plantean opciones que pueden generar beneficios, no solo porque contaría con mayor presencia del recurso en su zona, sino que también contará con uso eficiente y ahorro del recurso; realizando así sus actividades de manera eficiente con los compromisos como productora de Banano y promoviendo el desarrollo sostenible en su empresa.

En este sentido, se realiza este trabajo a fin de diseñar un plan de mejoramiento para uso eficiente y ahorro de agua, que incluya un reservorio y acciones de mejora respecto a la infraestructura del canal principal que permita el reúso del agua de lavado, y captación aguas lluvias para su posterior almacenamiento, con miras a generar impactos positivos para la unidad productiva y al medio ambiente.

Hipótesis.

Diseñar hidráulicamente un sistema de aprovechamiento de aguas lluvias y reúso del agua de lavado de fruta. Esta una de las prácticas ambientales más importantes de una unidad productiva.

La finca Nuestra Señora cuenta con área suficiente para diseñar un reservorio que complemente las necesidades hídricas del cultivo en época de sequía.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un plan de mejoramiento para uso eficiente y ahorro de agua en la finca Nuestra Señora, ubicada en Sevilla, Zona Bananera del Magdalena.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar del estado actual en que se encuentra la finca respecto a oferta de recurso hídrico para abastecimiento del proceso productivo.
- Realizar los cálculos para reestructurar el canal de salida del agua de la empacadora.
- Diseñar hidráulicamente un reservorio para reúso de agua proveniente de barcadillas de lavado y captaciones de aguas lluvias.

2. Estado del Arte

Actualmente, la finca está presentando como problemática principal el poco abastecimiento hídrico necesario para el riego de cultivo, puesto que la oferta actual de agua subterránea por parte del pozo existente no es suficiente para la actividad de riego y lavado de la fruta (en los días de corte) además de sus bajos volúmenes de agua que presenta en épocas secas y el deficiente manejo razonable del agua. El cultivo de banano se caracteriza por requerir un permanente abastecimiento de agua y con el déficit presentado en la zona afecta negativamente la sostenibilidad y viabilidad del sector agrícola. Por esto la industria del banano debido a las altas necesidades hídricas requeridas para cumplir con las condiciones óptimas y de calidad del producto, además de practicar una gestión sostenible y amigable con el medio ambiente están implementando sistemas de almacenamiento (reservorio) como una herramienta que permite conservar el agua, en este caso para la finca nuestra señora el agua lluvia y el agua residual proveniente de las barcadillas de lavado de la fruta.

La implementación del reservorio trae consigo diversos beneficios socioeconómicos y ambientales tales como, mayor disponibilidad del recurso hídrico en la finca, disminución de la huella hídrica, reducción de tasa retributiva, aumenta la productividad y competitividad por mayor presencia del recurso.

Como referencia de proyectos exitosos en los que se han implementado este sistema de almacenamiento encontramos DISEÑO DEL PROGRAMA DE USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA EN LA FINCA JARDINES DE COLOMBIA DE LA EMPRESA THE ELITE FLOWER, dedicada a la producción y comercialización de flores frescas cortadas, con la implementación del programa PUEAA programa de uso eficiente y ahorro del agua, entre los cuales tenía como objetivo para la finca formular proyectos que permitieran las reducciones de pérdidas de agua, el reúso de agua, lo que obtuvieron como resultados, mejoras en el proceso, ahorro económico en el consumo del agua la cual generó una mejora continua que impacta positivamente en el mercado.

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUAS LLUVIAS PARA PRODUCCIÓN AGRICOLA EN EL MUNICIPIO DE LA MESA - CUNDINAMARCA., proyecto en busca de la elaboración del diseño de un sistema de almacenamiento y distribución de aguas lluvias para uso en riego agrícola para frutales, esto con la finalidad de obtener una solución, la cual es parte de un conjunto de acciones para generar un mayor impacto positivo y ayude a generar una medida de choque para las variaciones hidrológicas que se están presentando a causa del cambio climático y de esta manera brindarle a la comunidad productora una herramienta basada en un análisis que esté acorde a las condiciones propias de la zona.

3 Materiales y métodos

3.1 Descripción del área

La finca Nuestra Señora, se encuentra ubicada en el municipio Zona Bananera del Departamento del Magdalena, vereda La Barca. Cuenta con una extensión territorial de 2 Ha 2161 m^2 .

Ilustración 1 Localización Municipio Zona Bananera- Magdalena.



Fuente: Google Earth

Tabla 1 Coordenada Nuestra Señora

CUADRO COORDENADAS FINCA “NUESTRA SEÑORA”		
PUNTO	ESTE	NORTE
1	991444.33	1680964.42
2	991422.22	1681164.68
3	991944.96	1681157.50
4	991305.96	1681095.23

5	991424.23	1680864.81
6	991433.42	1680879.11

Tabla 1-1. (Continuación)

3.2 Diagnóstico del área Finca Nuestra Señora

Para el diagnóstico inicial en la Finca Nuestra señora y basados en el propósito de mitigar el déficit de agua para la actividad agrícola, se procedió al reconocimiento instalaciones físicas (barcadillas de lavado de la fruta) , de la cantidad total de cultivo, cuantificación de área disponible, fuente de abastecimiento hídrica y caudal de la fuente, y búsqueda de información secundaria tales como: revisión teórica del consumo estimado de agua por planta en diferentes estaciones, adquisición de información meteorológica y pluviométricas por medio del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Mediante la información de las estaciones del IDEAM, estación San Isidro, estación Enano El, estación Ruby El; se realizó las curvas IDF que posteriormente son bases fundamentales para obtener el caudal total desagües aguas lluvias.

Dentro del diagnóstico, además, se realizaron observaciones de las infraestructuras presentes en la Finca, las cuales podrán ser modificadas si se presenta el caso, para aumentar la eficiencia del plan de mitigación que se busca proponer para la problemática de la Finca Nuestra Señora.

3.3 Diseño del Reservorio

3.3.1 Caudal/Volumen de aguas lluvias

3.3.1.1 Caudal total desagües aguas lluvias

Se realizó el respectivo cálculo de caudales dependiendo del área de recolección de aguas lluvias, denominado como zonas, con el fin de encontrar el respectivo diámetro de tubería que será instalada para la alimentación del reservorio, para hallarlas se utilizó la fórmula de DAWSON-HUNTER.

$$d = \left(\frac{Q}{1,754 * r^{\frac{5}{3}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

Q: Caudal por la tubería (lps)

r: Relación de áreas del anillo de agua $r = \frac{7}{24}$

d: Diámetro requerido en tubería (pulg)

3.3.1.2 Volumen de cada zona

Se determinó utilizando la fórmula de Caudal, despejando en función de Volumen. La cantidad de zonas establecidas se realizaron bajo criterio propio, teniendo en cuenta el área de la finca. La finalidad de establecer zonas en el predio es estimar los volúmenes que se pueden presentar en la finca por evento de lluvia.

$$V = Q \times t$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (lps)

t: Tiempo (sg)

3.3.1.3 Volumen total de las zonas verdes

Para su estimación se realizó la siguiente sumatoria

$$V_{Total} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

3.3.2 Caudal y Volumen proveniente de barcadillas de lavado del banano

3.3.2.1 Caudal de alimentación de las barcadillas

Se determinó realizando aforo en la boquilla de la tubería estilo flauta que alimenta de agua las barcadillas de lavado de la fruta, para ello se empleó la ayuda de un recipiente cuyo volumen es conocido y un cronometro, el caudal a estimarse corresponde a un caudal de desperdicio proveniente

de las barcadillas durante un día de producción.

$$Q = \frac{V_{\text{recipiente}}}{t}$$

Datos:

$V_{\text{recipiente}}$ = Volumen recipiente en L.

t = Tiempo de llenado del recipiente en s.

Nota: Para conocer el caudal que llena las barcadillas de lavado, se procedió a realizar varios aforos con un recipiente de volumen conocido con la finalidad de obtener un promedio de caudales para estimar un valor más exacto del caudal que maneja la tubería de llenado.

3.3.2.2 Volumen de desperdicio de agua en las barcadillas

Se obtendrá mediante el promedio del caudal aforado de la tubería de alimentación de las barcadillas y el tiempo de actividad de una jornada laboral, para su estimación se empleó la fórmula:

$$V_{\text{Barcadilla}} = Q * t$$

Donde:

$V_{\text{Barcadilla}}$: Volumen barcadilla en L

Q : Caudal de alimentación de las barcadillas en L

t : tiempo de operación en s

3.3.2.3 Volumen de agua total de desperdicio de las barcadillas de lavado

Teniendo en cuenta que las tuberías que alimentan de agua las barcadillas cuentan con la misma dimensión. Se determinó el volumen total utilizando la siguiente expresión:

$$V_{T \text{ Desp. Bar}} = V_{\text{Barcadilla}} * \# \text{ Barcadilla}$$

Donde:

$V_{T \text{ Desp. Bar}}$: Volumen total desperdicio barcadilla

$V_{\text{Barcadilla}}$: Volumen barcadilla

Barcadilla: número de barcadillas

3.3.2.4 Volumen de agua en barcadilla

Para su estimación se empleó la fórmula de volumen prisma rectangular

$$V_{\text{Barcadilla}} = a * b * h$$

Donde:

a= Largo

b= Ancho

h= Profundidad

3.3.2.5 Volumen total de agua en las barcadillas

Se determinó utilizando la siguiente expresión:

$$V_{\text{Total barcadilla}} = V_{\text{Bar 1}} + V_{\text{Bar 2}}$$

Donde:

$V_{\text{Bar 1}}$: Volumen barcadilla 1 en L

$V_{\text{Bar 2}}$: Volumen barcadilla 2 en L

3.3.3 Volumen total de agua en barcadillas, Volumen total de desperdicio de agua en barcadillas y zonas verdes

Se determinó utilizando la siguiente expresión:

$$V_{Total} = V_{pisc} L + V_{T \text{ Desp. Bar}} + V_{z \text{ verde}} L$$

Donde:

$V_{T \text{ Desp. Bar}}$: Volumen total desperdicio barcadilla en L

V_{pisc} : Volumen total de barcadillas en L

$V_{z \text{ verde}}$: Volumen total de zonas verdes en L

3.3.4 Dimensiones del reservorio (Tanque)

Las dimensiones del reservorio estarán dadas para almacenar agua proveniente de una actividad de lavado de la fruta y un evento de aguas lluvias con una intensidad específica. Para su estimación se empleó la fórmula de volumen prisma rectangular.

$$V = a * b * h$$

Donde:

V: Volumen total del Reservorio

a: largo

b: ancho

h: profundidad

3.3.5 Infraestructura canal salida de agua de barcadillas

Se revisó y detalló la infraestructura del canal de salida de agua de la empacadora de fruta, a fin de proponer mejoras al sistema como, modificar la infraestructura del canal, es decir, anexar a este diseño, unas rejillas que permitan el tratamiento físico al agua con destino final del reservorio. Estas rejillas contarán con una dimensión ajustable al área preexistente del canal.

Para su estimación se empleará la siguiente formula:

$$Area_{rejilla} = Altura * Base$$

Donde:

Altura: Altura o ancho de la rejilla

Base: Base o largo de la rejilla

4 Resultado y discusión

4.1 Diagnostico Área del proyecto

La Finca Nuestra Señora cuenta con una extensión territorial de 2 ha 2161 m², de las cuales 2 ha 1714 m² están sembradas con banano en una densidad de 1.800 plantas por hectárea.

La fuente de abastecimiento de agua por la Finca para actividades de riego del cultivo y lavado de la fruta es de un pozo profundo (**Ver anexo B. ilustración 10**) construido con una profundidad de 18 m en el año 1968, el cual se hizo sin estudios previos de suelo, hidrológicos. En el año 2009, estuvo fuera de servicio la finca bananera por aproximadamente 10 años, retornando actividades en el 2018, tiempo en el cual se notó la sedimentación del pozo encontrando una profundidad de 15 m, pese que no se realizó nunca un estudio, se desconoce el caudal del pozo, pero se es consciente que no es suficiente para el 100% del riego, pues se destina un volumen considerado menor a lo habitualmente proporcionado al cultivo. Debido a lo anterior la finca ha presentado inconvenientes en cuanto a las captaciones de agua del pozo mencionado. Cabe agregar que, para la actividad de riego, la finca se abastecía de agua durante un día normal con horario de 6:00 am hasta la 1:00 pm siendo esto siete (7) horas de riego en el cultivo todos los días de la semana, con excepción de los días donde se presentan precipitaciones.

Durante la inspección realizada al predio, se evidenció entre las áreas del proceso de producción la presencia de dos (2) barcadillas para el lavado del banano, con las siguientes dimensiones específicas: la primera de 3 m de ancho x 3 m de longitud con 0.34 m de profundidad y la segunda de 2.15 m ancho x 4.15 m de largo con 0.55 m de profundidad. Para el llenado de las barcadillas se realiza abastecimiento de agua por parte del pozo, la cual se llena una (1) vez por semana, es decir, cada ocho (8) días específicamente, su duración de llenado es aproximadamente de una hora y media (1:30 min). El llenado de las barcadillas se realiza mediante una tubería de diámetro de 1" que se encuentra perforada, siendo esta tipo flauta. Para conocer el caudal y volumen proporcionado por las barcadillas, se realizaron aforos en la tubería de alimentación a la barcadilla, un (1) canal de recolección de aguas provenientes del lavado y su disposición hacia el canal principal de recolección de aguas tanto de la actividad como de aguas lluvias. Cabe agregar respecto al canal principal recolector de aguas lluvias, se identificó que a este se le debe realizar una modificación que permita continuar con el tratamiento físico las aguas y llevarlas hacia el reservorio (**Ver Anexo D. Planos Del Reservorio E Infraestructura canal salida de agua de barcadillas**), para ello se considera agregar material rocoso cuya función es filtrar las partículas que contiene el agua a ser reusada y las provenientes de aguas lluvias. A lo largo del recorrido se identificó un espacio potencial para posible implementación del reservorio de al menos 200 m². (**Ver anexo A. Diagnóstico inicial Finca Nuestra Señora**)

Tomando como referencia la información teórica de *Torregrosa (2011)*, con respecto al consumo de agua en este departamento, se obtuvo que, el consumo para épocas soleadas es de 25 Litros, en días semi cubiertos 18 Litros y días cubiertos de 9.5 Litros. Los datos de consumo fueron de gran importancia, dado que con estos se consolidaron los reportes consultados en las tablas 2, 3 y 4, teniendo en cuenta los valores de plantas cultivadas en la Finca.

Como se había mencionado, las tablas presentadas a continuación hacen referencia a la necesidad hídrica que requiere el cultivo total en las diferentes épocas del año para la finca. En primera instancia teniendo en cuenta este valor de consumo y que la cantidad de plantas del cultivo es 3.908, para días Soleados, estas requieren diariamente aproximadamente 97.700 litros, lo que equivale mensualmente un estimado de 2.931.000 litros de agua. Cabe agregar que, dependiendo la época, el consumo de agua notoriamente encamina a disminuir siendo en días semicubiertos un consumo de 70.344 litros por día, equivale esto en el mes 2.110.320 litros y finalmente para días totalmente cubiertos se estima que la necesidad hídrica por cultivo y día es de 37.126 litros, siendo en el mes un consumo de 1.113.780 litros.

Tabla 2 Consumo agua planta diario en días asoleados

Parámetro	Unidad	Cantidad
Número total de plantas del cultivo	Numero	3.908
Necesidad hídrica por planta día	Litros	25
Necesidad hídrica total diaria del cultivo	Litros	97.700
Necesidad hídrica total cultivo mensual	Litros	2.931.000
Necesidad hídrica total cultivo mensual	m ³	2.931

Tabla 3 Consumo agua planta diario en días semicubiertos

Parámetro	Unidad	Cantidad
Número total de plantas del cultivo	Números	3.908
Necesidad hídrica por planta día	Litros	18
Necesidad hídrica total diaria del cultivo	Litros	70.344
Necesidad hídrica total cultivo mensual	Litros	2.110.320
Necesidad hídrica total cultivo mensual	m ³	2110.32

Tabla 4 Consumo agua planta diario en días nublados

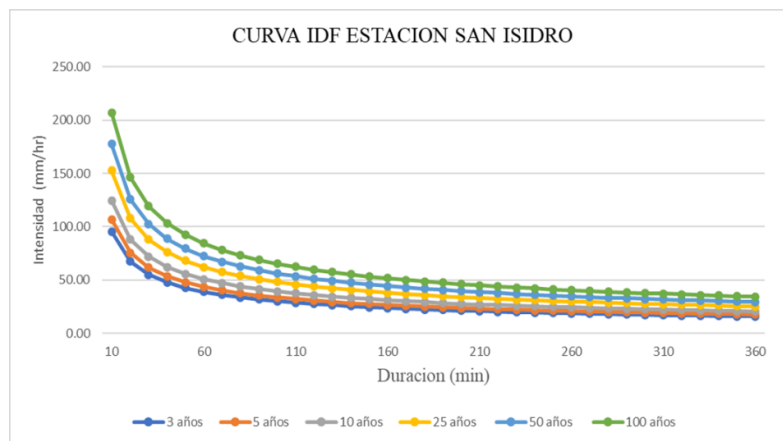
Parámetro	Unidad	Cantidad
Número total de plantas del cultivo	Números	3.908
Necesidad hídrica por Planta día	Litros	9.5
Necesidad hídrica total diaria del cultivo	Litros	37.126
Necesidad hídrica total cultivo mensual	Litros	1.113.780
Necesidad hídrica total cultivo mensual	m ³	1113.78

Lo anterior, fue base fundamental para estimar, basados en estos datos y la cantidad de agua almacenada en el reservorio si la necesidad hídrica del cultivo se puede suplir con el reservorio en su totalidad con la ausencia de captaciones de aguas subterráneas teniendo en cuenta la época o periodo de tiempo.

Mediante la información obtenida por medio de las estaciones del IDEAM precipitaciones, San Isidro, Enano El, Ruby El. **(Ver Anexo B. Datos meteorológicos y pluviométricos IDEAM)** y mediante una serie de cálculos, procesos estadísticos y modelaciones tenemos, las Curvas IDF, estas curvas son una relación entre la intensidad, la duración y la frecuencia de lluvias. Son una herramienta que permite conocer una estimación de la relación anterior mencionada, la tendencia de las lluvias y además nos suministra el índice (I), que es la intensidad de precipitación en milímetros por hora (mm/h), la cual es útil porque es un coeficiente necesario entre las ecuaciones para diseño de las tuberías conductoras de agua en el diseño del reservorio.

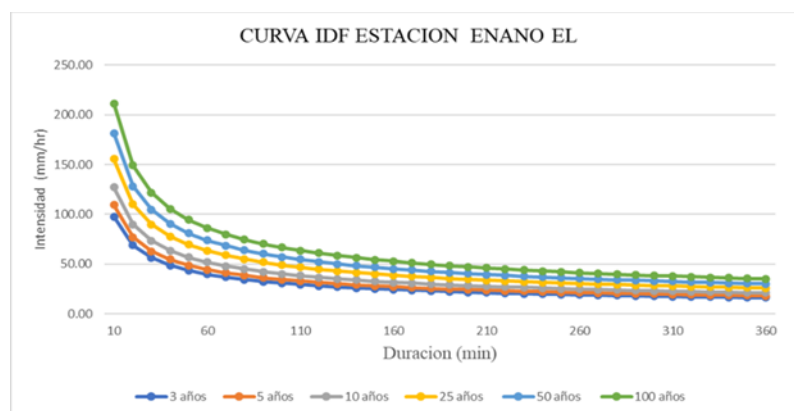
En comparación con el trabajo de grado “Diseño de un sistema de almacenamiento y distribución de aguas lluvias para producción agrícola en el municipio de la Mesa – Cundinamarca”, utilizado después de obtener la información de la estación se realizaron cálculos de variables probabilísticas de las lluvias máximas anuales registradas lo cual les permitió hallar las precipitaciones corregidas, con estos resultados procedieron a calcular con la fórmula de la intensidad, la frecuencia, duración y la intensidad, con los resultados obtenidos y organizados en tablas realizaron las curvas IDF con las cuales pudieron hallar su caudal, utilizando método racional desarrollado por Lloyd-George, en el caso de este trabajo se utilizó Excel para hallar las curvas IDF con la información obtenida del IDEAM, si bien se utilizaron diferentes metodologías en ambos trabajos, se puede observar que se obtuvieron los resultados buscados.

Ilustración 2 Curva IDF Estación San Isidro



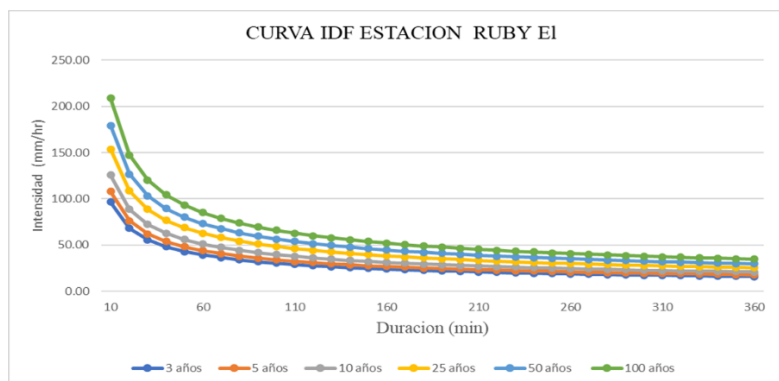
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3 Curva IDF Estación Enano El



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4 Curva IDF Estación Ruby El



Fuente: Elaboración propia

Dado que las gráficas de curvas IDF, de estaciones meteorológicas son muy cercanas a la Finca Nuestra Señora, y que Independientemente de los años las curvas son muy similares respecto a la tendencia en término de la intensidad y tiempo; se consideró tomar el índice (I) de una sola gráfica, es decir, dado que cada grafica de las diferentes estaciones nos proporcionan intensidades, se consideró bajo criterio propio optar por solo una estación, de la cual se tomaría el mencionado índice y seria este el utilizado para los cálculos necesarios de tuberías conductoras de agua hacia el reservorio. La estación elegida fue la de San Isidro, con una intensidad de 0.078 (lps/m²) y un tiempo de retorno de 30 años. A parte de ello, se puede evidenciar que el trabajo de Ovalle utiliza de igual manera, las curvas IDF para el cálculo del caudal requerido para obtener las dimensiones de su reservorio.

4.2 Caudal y diámetro de la tubería de alimentación a reservorio, desagües agua lluvias

Una vez identificada el área correspondiente a la extensión de la finca en plano, se subdividió en diferentes zonas, para conocer el aporte de caudal de cada una en épocas de lluvias y por consiguiente conocer un estimado total de recaudo por aguas lluvias. Cabe agregar que, para conocer el valor total mencionado, se diseñó la siguiente tabla haciendo uso de datos principales tales como la curvas IDF (intensidad (I)), Coeficiente según región (en este caso región caribe), cálculos y áreas obtenidas del plano mediante el uso del programa Auto Cad.

Tabla 5 Caudal aportado por área de aguas lluvias

AD	C	AREA (m2)	I (lps/m2)	Q DISEÑO (lps)	DIAM. Calc (pulg)	DIAM. Diseño (")
zona verde 1	0.5	6118.61	0.078	238.63	2.92	4
zona verde 2	0.5	6716.83	0.078	261.96	3.03	4
zona verde 3	0.5	2157.94	0.078	84.16	1.98	3
zona verde 4	0.5	1911.91	0.078	74.56	1.89	3
zona verde 5	0.5	4073.95	0.078	158.88	2.51	4

AD: Áreas de recaudo de agua C: Coeficiente Región Caribe I: Intensidad Q: Caudal obtenido mediante calculo DIAM: Diámetro calculado. DIAM DISEÑO: Diámetro comercial

Como se había mencionado anteriormente, se realizó una división del terreno de la finca mediante el plano y un programa, con la finalidad de conocer el valor aportado de aguas lluvias; con el área, el coeficiente C e índice se procedió a calcular cual sería el caudal a recaudar y por ende con este ya calculado se procedió a estimar cual sería el diámetro necesario de tubería para conducir este líquido hacia el reservorio, de lo que se obtuvieron varios valores, siendo esto aproximados a diámetros comerciales. Dado que se obtuvieron diferentes diámetros se optó por tomar el valor mayor de 4" para que la tubería de alimentación del reservorio tenga la capacidad de conducir toda el agua que se presente. Esta tubería es de gran interés como parte de la modificación necesaria para el canal principal recolector de aguas ya sea para continuar el tratamiento físico de aguas provenientes del canal de salida de barcadillas o para realizar tratamiento físico a provenientes de aguas lluvias (**Ver Anexo D. Planos Del Reservorio E Infraestructura canal salida de agua de barcadillas**). Por otro lado, este diámetro obtenido será tenido en cuenta para todas las tuberías necesarias para el plan de mejoramiento propuesto en la Finca.

Cabe aclarar que la Finca cuenta ya con la existencia de un canal principal que tiene como función recolectar y transportar todas las aguas que aquí sean depositadas y entregarlas a otro canal perteneciente a la finca aledaña para que sea esta quien se encargue de la disposición final en una fuente. Dada la presencia de este canal, no se pretende que sea sustituido por una tubería, sin embargo, se ha presentado la necesidad de proponer una modificación al canal, para que este realice una función importante y aporte mayor rendimiento al sistema de almacenamiento.

De Lo anterior, se propone llevar a cabo, introduciendo en el canal principal ya existente una tubería con diámetro 4" incorporada desde el inicio del canal, sentido norte de la finca, hasta un (1) metro antes del inicio del reservorio esta tubería estaría ubicada al fondo del canal, contando con una serie de orificios pequeños a lo largo de toda esta, por los que ingresara el agua por encima de esta tubería se ubicaría material rocoso de diámetros grandes y pequeños. Estos serán quienes entren en contacto con el agua en primera parte y en el transcurso de la infiltración de agua por efectos de la gravedad para ingresar a la tubería, y a su vez se va quedando adheridos los sólidos suspendidos, lográndose con esto una remoción de partículas y clarificación del agua, que entrara al reservorio en mejores condiciones para su posterior uso. Esta tubería no desembocara directamente al reservorio, sino que finalizara dentro de una pequeña caja de concreto, la cual tiene como finalidad contar a su vez con dos (2) tuberías en su interior. Estas tuberías también son de diámetro 4", el propósito de estas es: la primera contar con una llave de paso la cual permanecerá abierta para permitir el paso de agua y conducirla hasta el reservorio directamente; y la segunda, contara también con una llave de paso, la cual debe permanecer cerrada, esta última tiene como función, solo abrirse cuando se desee realizar limpieza al canal principal y transportar toda esta agua sucia hacia el final del canal principal existente para que el agua continúe su curso hacia la otra finca. **(Ver anexo E. Plano Modificación infraestructura canal principal).**

El canal principal al funcionar como un tratamiento físico removedor de partículas, es necesario realizarle mantenimiento o comúnmente conocido como limpieza, para la remoción de todas estas partículas adheridas a la gravilla y que no obstruyan el paso de agua hacia la tubería, produciendo a su vez un posible desbordamiento. Esta limpieza deberá ser realizada aplicando agua a mayor velocidad sobre el material rocoso para que con la fuerza del agua se vayan todos los sólidos presentes ingresen a la tubería y puedan ser entregados a la caja de concreto anteriormente mencionada en donde tomara paso una vez abierta la segunda llave y cerrada de la tubería que corre hacia el reservorio, hacia la continuación del canal principal y que esta conduzca hacia la otra finca. Es de vital importancia que en el momento de realizar la limpieza la llave de la tubería que conduce hasta el reservorio se encuentre totalmente cerrada, dado que si esto no se realiza al momento de llegar agua sucia a la caja de concreto esta tomara paso hacia el reservorio, ensuciando así el agua almacenada anteriormente.

4.3 Volumen de Zonas Verdes

El volumen de aguas verdes hace referencia a toda aquella cantidad de agua posible a presentarse por motivos de lluvias. Para estimación de este valor, se basó en un solo evento de lluvia con un tiempo promedio de 30 min.

Zona Verde 1

$$V_1 = 429.534 L$$

Zona verde 2

$$V_2 = 471.528 L$$

Zona verde 3

$$V_3 = 151.488 L$$

Zona verde 4

$$V_4 = 134.208 L$$

Zona verde 5

$$V_5 = 285.984 L$$

Realizando una sumatoria de los volúmenes aportados por las diferentes zonas verdes, tenemos que el Volumen total de las Zonas verdes para un solo evento de lluvias es:

$$V_{Total} = 1.472.742 \text{ L}$$

Se espera que del volumen recogido por lluvias se pierda un 30% (esto por motivos de infiltración en suelo y evaporación), de lo cual nos quedaría un volumen útil del 70% de este, por cuestiones de tratamiento y almacenamiento únicamente recogeremos el 41.6% de este 70% de agua útil. Por ende, se obtuvo que:

Tabla 6 Volumen de agua lluvias para uso

	Unidad	Cantidad
Volumen total Zona verde 100%	Litros	1.472.742
Volumen Agua Útil con perdida 30%	Litros	1.030.920
Volumen para almacenar 41.6%	Litros	428.862

Fuente: Elaboración propia

Dado que el volumen total aportado por las zonas verdes en pocas de lluvias teniendo en cuenta las pérdidas estimadas en un 30% es de 1.030.920 y tomando de este último valor un uso del 41.6% de agua útil, se obtiene que se recaudara un volumen de 428.862 litros. Este dato es de suma importancia dado que, será tenido en cuenta para el volumen total para el cual será diseñado el sistema de almacenamiento.

4.4 Caudal y Volumen proveniente de barcadillas de lavado del banano

4.4.1 Caudal de alimentación de las barcadillas

Para estimar el caudal de alimentación de las barcadillas, se llevó a cabo quince (15) aforos en la tubería de llenado de la barcadilla (**Ver Anexo B. Ilustración 12. Aforo tubería de las barcadilla**);

esta tubería aparte de ser tipo flauta cuenta con un tapón roscado PVC, el cual al desenroscarse permite salida de un caudal de agua (**ver anexo B. Ilustración 13. Tubería del tapón roscado PVC**) que teóricamente es el mismo caudal en promedio de todos los orificios perforados de la tubería tipo flauta.

Para el desarrollo del aforo se utilizó un recipiente cuyo volumen era de 3 litros y dado que el volumen del recipiente es constante se procedió a estimar el tiempo para luego aplicar la fórmula de $Q=v/t$ y así con ello obtener un caudal, este proceso se realizó 15 veces como se mencionó anteriormente (**ver Anexo I. Cálculo**) y se continuó finalmente a realizar un promedio de los caudales obtenidos en dichos aforos, obteniéndose:

$Q_1=0.6$ Lps,	$Q_2=0.6$ Lps,	$Q_3=0.4$ Lps,	$Q_4=0.6$ Lps,	$Q_5=0.7$ Lps
$Q_6=0.7$ Lps,	$Q_7=1$ Lps,	$Q_8=1$ Lps,	$Q_9=0.7$ Lps,	$Q_{10}=0.6$ Lps
$Q_{11}=0.6$ Lps,	$Q_{12}=0.6$ Lps,	$Q_{13}=0.6$ Lps,	$Q_{14}=0.6$ Lps,	$Q_{15}=0.6$ Lps

$$Q_{\text{AlimProm}}=0.6 \text{ L/s}$$

El caudal de alimentación promedio obtenido del aforo realizado a la barcadilla fue de 0.6 Lps. (**Ver Anexo I. Cálculos**)

4.4.2 Volumen de desperdicio de agua en las barcadillas

A partir del caudal de alimentación de las barcadillas obtenido anteriormente y teniendo en cuenta el tiempo estimado que dura el lavado de la fruta en un día de producción de seis (6) horas, se tiene un volumen de desperdicio de la barcadilla de:

$$V=12.960 \text{ L} \approx 12.96 \text{ m}^3$$

4.4.3 Volumen de agua total de desperdicio de las barcadillas de lavado

Teniendo en cuenta el volumen de desperdicio de agua en una sola barcadilla y considerando que existen en la finca dos (2) barcadillas, entonces se procede a multiplicar el volumen estimado de 12.960 L por el número de barcadillas, lo cual da como resultado:

$$V=25.920 \text{ L} \approx 25.92\text{m}^3$$

4.4.4 Volumen de agua en barcadilla

Dada las dimensiones de las barcadillas se obtuvo:

$$V_{\text{Bar 1}} = 3.060 \text{ L}$$

$$V_{\text{Bar 2}} = 5.321 \text{ L}$$

4.4.5 Volumen total de agua en las barcadillas

Realizando los cálculos correspondientes, se obtuvo un volumen total de agua para las barcadillas de:

$$V_{\text{Total barcadillas}} = 8.381 \text{ L}$$

4.4.6 Volumen total de agua en barcadillas, Volumen total de desperdicio de agua en barcadillas y zonas verdes

El volumen obtenido para la barcadilla 1 a través de sus dimensiones de 3 m de ancho, 3 m de largo y una profundidad de 0.34 m, genera 12.960 L y para la barcadilla 2 con dimensiones de 2.15 m de ancho, 4.5 m de largo y una profundidad de 0.55 m genera 12.960 L. Dando lo anterior, estimando el tiempo de lavado en la finca con duración de seis (6) horas se obtiene un caudal promedio de 0.6

Lps de bombeo a las barcadillas de lavado, el volumen de agua generado por las barcadillas sería de 25.920 L.

Por otra parte, cabe agregar que, la cantidad de agua dirigida para el reservorio por actividades de lavado de fruta es de 8.381 L, agua desperdiciada en la jornada laboral del lavado de fruta es de 25.920 L y de las aguas lluvias es de 428.862 L, proveyendo al reservorio $463.163 \text{ Ls} \approx 463.16 \text{ m}^3$.

Basado en el volumen de agua aportado por las barcadillas para limpieza del banano es de 25.920 L en un solo día de producción, esta cantidad de agua actualmente se está desechando por parte de la finca; considerando que la finca bananera realiza cortes cada ocho (8) días lo que en el mes sería cuatro (4) cortes por ende, cuatro veces se llena la barcadilla se tendría un valor de desperdicio mensual 103.680 L, lo que anualmente contribuye en huella hídrica a 1.244.160 L.

Teniendo en cuenta el volumen total obtenido por el acumulado de aguas provenientes de la actividad del lavado de la fruta y aguas lluvias se puede deducir la cantidad de agua próxima a ser almacenada, convirtiéndose esta, en un complemento que le permita a la Finca tener un volumen de agua reservada para épocas secas principalmente.

Gracias los datos obtenidos anteriormente de necesidad hídrica por el cultivo en los diferentes tiempos, Días soleados, días semicubiertos y días cubierto, además de los volúmenes aportados por aguas lluvias y de barcadillas de lavados, se pudo hacer la siguiente estimación.

NOTA: Las siguientes tablas hacen referencias de como el reservorio puede suplir la necesidad de abastecimiento de agua total para riego tomando como ejemplo un (1) solo día, en el cual no se realice captación subterránea y el reservorio se encuentre en total abastecimiento.

Tabla 7 Aproximación complemento agua cultivo por reservorio, días soleados

	Unidad	Cantidad
consumo agua total diario cultivo	Litros	97.700
Volumen de agua almacenada (reservorio)	Litros	463.163
Volumen complementario de agua por Reservorio	Litros	97.700

Porcentaje de complemento o abastecimiento por Reservoirio	%	100
---	----------	------------

Tabla 8 Aproximación complemento agua cultivo por reservorio, días semi descubiertos

	Unidad	Cantidad
consumo agua total cultivo diario	Litros	70.344
Volumen de agua almacenada (reservorio)	Litros	463.163
Volumen complementario de agua por Reservoirio	Litros	70.344
Porcentaje de complemento o abastecimiento por Reservoirio	%	100

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Aproximación complemento agua cultivo por reservorio, días nublados.

	Unidad	Cantidad
consumo agua total cultivo diario	Litros	37.126
Volumen de agua almacenada (reservorio)	Litros	463.163

Volumen complementario de agua por Reservoirio	Litros	37.126
Porcentaje de complemento o abastecimiento por Reservoirio	%	100

Fuente: Elaboración propia

Las tablas 7, 8 y 9, hacen referencia a una estimación realizada como medio ejemplar de que el reservorio cuenta con la capacidad de complementar el abastecimiento en riego al cultivo en la Finca Nuestra señora, en los diferentes tiempos, teniendo en cuenta lo requerido por un solo día. Cabe recalcar que la principal finalidad del reservorio es almacenar para servir como complemento en épocas secas.

4.5 Dimensiones del reservorio

Tabla 10 Dimensión Reservoirio

Parámetro	Unidad	Valor
Ancho	M	12
Largo	M	15
Profundidad	M	2.6

Dados los resultados obtenidos de las dimensiones del reservorio, basados en la cantidad de agua que este debe contener, se tiene que, su ancho de ser de 12 metros, un largo de 15 metros y una profundidad de 2.6m exactamente, cabe agregar que este está diseñado para tener una forma rectangular y de concreto. Se propone que debe contar con una tapa de concreto para cubrir todo el reservorio protegiéndose así del exterior, la cual a su vez contendrá un espacio para permitir el ingreso de personas al interior del reservorio para limpieza y que de igual manera este espacio deberá tener una tapa metálica.

Este sistema de almacenamiento contará con dos (2) cajas una en cada extremo, en las cuales se

encuentran tuberías que conducen agua, en primera instancia, la primera caja ubicada en un extremo sentido norte de la finca fue la mencionada anteriormente que contenía en su interior la tubería de paso de agua hacia el reservorio y una segunda para conducir agua de limpieza del Canal hacia la parte final del canal. La última caja de la cual se hace mención está ubicada al otro extremo en sentido sur del reservorio, y en su interior contara con la motobomba, encargada de sustraer el agua del reservorio. **(Ver anexo D. Plano del reservorio).**

En comparación con el trabajo de grado de Ovalle, las dimensiones del reservorio diseñado son mayor en nuestro trabajo debido a la cantidad de recurso hídrico aprovechado de aguas lluvias y del proveniente de las barcadillas de lavado de la fruta, haciendo necesario que cumpla la capacidad para un volumen de 463.16 m³ y ellos solo requieren de una capacidad de volumen aproximado a 50 m³, además podemos diferenciar que se implementaron distintas figuras para los reservorios, el de ellos es de forma trapezoidal y el nuestro es rectangular, cubierto por una tapa de concreto con una abertura para ingreso del personal.

4.5.1 Costo del reservorio

Teniendo en cuenta las dimensiones del reservorio se ha realizado un presupuesto de este sistema de almacenamiento, tomando como referencia valores de costos de materiales del mes de enero del año 2022. El valor por referir en este documento es atribuido únicamente al reservorio, es decir, este costo es una estimación sin tener en cuenta las modificaciones a realizarse al canal principal recolector de aguas, el material rocoso, rejillas de canal de agua de barcadillas y tubería del drenaje principal de la finca. El valor aproximadamente del reservorio considerando materiales como el cemento, el concreto, grava, tapa de acero, escalera metálica y excavación del terreno es de: dieciocho millones ochocientos mil pesos (\$18.800.000).

4.6 Infraestructura canal salida de agua de barcadillas

Basados en el área presentada por la dimensión del canal de salida de agua de las barcadillas, la dimensión aproximada ajustable al área menciona, teniendo en cuenta la adición de un borde libre de cinco (5) cm para remoción de las rejillas y su fácil limpieza.

$$Area_{rejilla} = Altura * Base$$

Donde:

Altura: Altura o ancho de la rejilla

Base: Base o largo de la rejilla

$$Area_{rejilla} = 15cm \times 80cm$$

$$Area_{rejilla} = 1200cm^2$$

Esta modificación en la estructura de la rejilla juega un papel importante dentro de los cambios sugeridos en el desarrollo de este proyecto, dado que las rejillas propuestas funcionarían como filtro de todos aquellos residuos que tras la limpieza del banano surgen y conlleva el agua. Tras este primer filtro las aguas conducen sin la presencia de sólidos grandes, pasando así al segundo filtro desempeñado por el canal principal, que como se había mencionado anteriormente funcionaría como retención de todos aquellos sólidos suspendidos, que no fueron posibles de remover con las rejillas.

Con los resultados obtenidos en este trabajo se obtiene una solución a la problemática presente en la finca, solución que es parte de una serie de acciones que promueven la implementación de un uso, manejo y ahorro eficiente del recurso hídrico, la cual generan impactos positivos tanto a la huella hídrica como a los aspectos sociales y económicos. **(Ver anexo F. Plano infraestructura canal salida de agua con rejillas)**

5. Conclusión

- El Diseño del sistema de almacenamiento propuesto en este trabajo brinda la posibilidad de realizar un uso eficiente y ahorro de agua en la Finca “Nuestra señora”, permitiendo esto generar beneficios ambientales, tales como la disminución de la huella hídrica, beneficios socioeconómicos, ya que permite que con el buen manejo del recurso aumente la productividad, cumpla condiciones de calidad y con todo ello aumente los beneficios económicos, siendo todo esto una actividad agrícola desarrollada de manera sostenible y amigable con el medio ambiente.
- El abastecimiento de agua por parte de la Finca se encuentra afectado por la sequía presentada en los diversos meses del año, haciendo que el nivel freático disminuya y con esto disminuyendo la capacidad de captación de agua a través del pozo profundo, el cual se encuentra sedimentado, esto reduce aún más la capacidad de captación de agua. Dado que las captaciones para la actividad del banano requieren de grandes cantidades de agua y esta es tomada del pozo, por motivos de que la fuente hídrica más cercana (El río), no es de posible uso sin previo tratamiento, ya que el banano debe cumplir con unas condiciones de calidad que podrían verse afectadas. Es por lo anterior que la implementación del reservorio como complemento impactaría de manera positiva la productividad de la fruta, dado que aumenta la presencia del recurso por medio del almacenamiento para su uso en riego en diversas épocas, siendo la de mayor relevancia para sequías, evitándose así el no recurrir a disminuir la cantidad necesaria del recurso para riego por su ausencia y disminuyéndose el riesgo de afectar el crecimiento del cultivo.
- Mediante la implementación de rejillas al canal de salida de aguas provenientes de barcadillas de lavado, se está realizando un tratamiento físico, el cual consiste en reducir la presencia de sólidos provenientes de la limpieza de la fruta y pueda ser recolectada esta agua en mejores condiciones para su posterior almacenamiento en el reservorio.

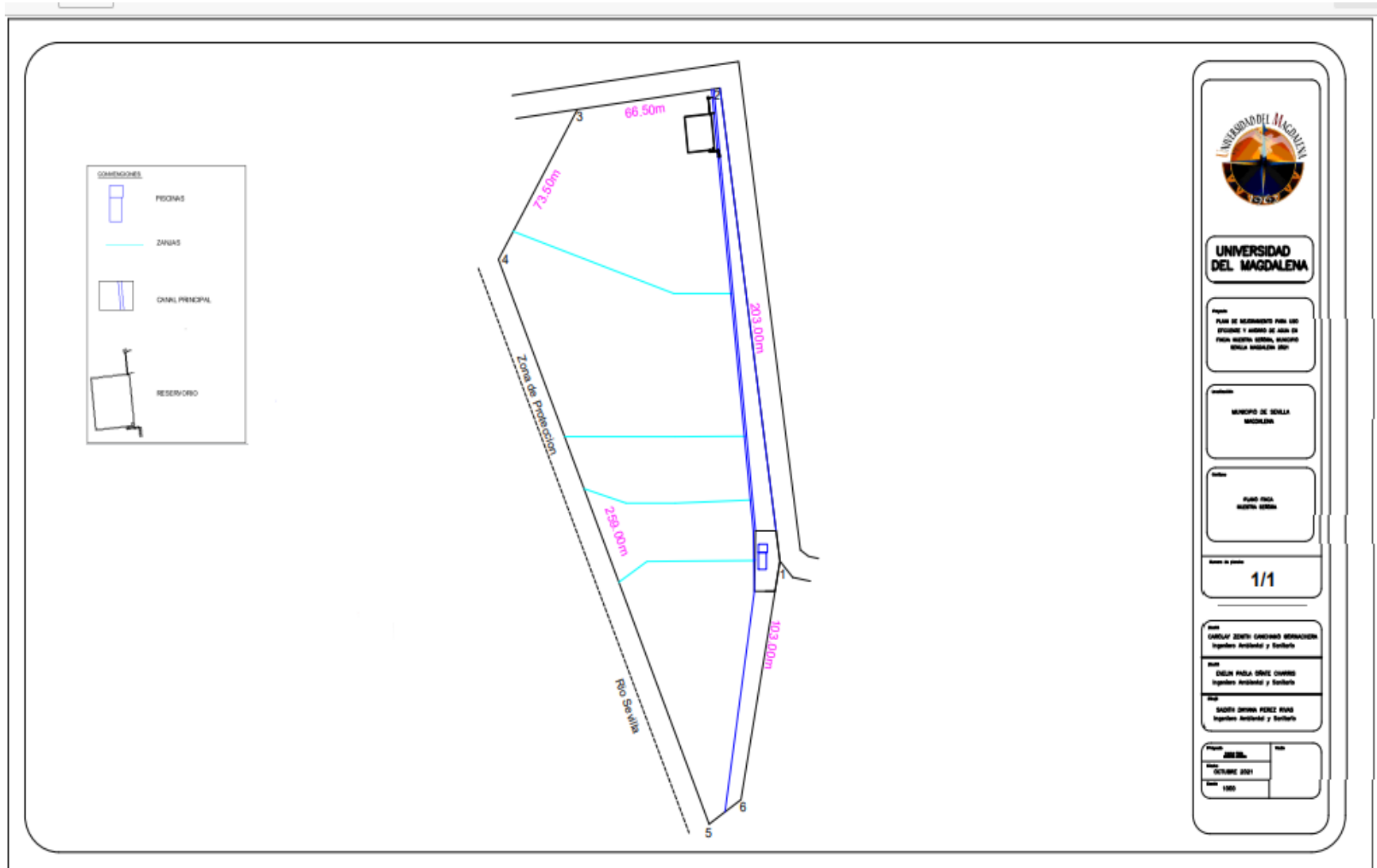
- El Reservorio presentado, ofrece un alivio siendo un complemento que permite a la finca recolectar agua de las lluvias y de las aguas desperdiciadas en las barcadillas de lavado de frutas, proveyéndose de esta manera el reservorio de recurso hídrico que estaría disponible principalmente para días soleados o en lapsos de tiempos de muy poca precipitación, cabe aclarar que no suplirá en su totalidad la necesidad, sin embargo, ayudara a disminuir la falta del recurso en estas épocas.
- El presente trabajo puede generar grandes efectos positivos en aspectos económicos y ambientales ya que propone aumentar la presencia de un recurso limitado que lamentablemente por las diversas actividades antrópicas y en este caso la actividad agrícola que requiere grandes proporciones de captaciones de agua, generan disminución en su disponibilidad y que en el presente trabajo en búsqueda de ir de la mano con el crecimiento sostenible al igual que otras empresas dedicadas a la productividad bananera, busca desarrollar sus labores de manera amigable con el medio ambiente, maximizando la oferta de agua para sus cultivos, disminuyendo los efectos negativos a los recursos naturales y desabastecimientos a poblaciones aledañas.

6. Recomendaciones

- Mantener el canal principal limpio, especialmente en épocas lluviosas puesto que el agua de lluvia trae consigo material particulado que podría tapar el filtro permitiendo posibles desbordamientos
- Se recomienda que el material orgánico retirado de las rejillas instaladas en el canal de aguas residuales de lavado del banano, puedan ser utilizadas para compostaje en el cultivo de la finca. Siendo esto una gran contribución al recurso suelo ya que permite que este mejore sus condiciones estructurales, aumente su fertilidad, capacidad de retención hidráulica, previniendo la degradación del suelo y erosión.

A. Anexo: Plano de la Finca Nuestra Señora

Ilustración 5 Plano Finca Nuestra Señora



B. Anexo: Diagnóstico inicial Finca Nuestra Señora

Ilustración 6 Barcadillas de Lavado de fruta



Ilustración 7 Canal recolector agua residual producto de las barcadillas



Ilustración 8 Desembocadura del canal de agua residual de las barcadillas



Ilustración 9 Sangrías recolectoras de aguas lluvias



Ilustración 10 Zanjas recolectoras de agua proveniente de las Sangrías por aguas lluvias



Ilustración 11 Canal principal, Recolector de aguas lluvias y residuales del lavado de fruta.



Ilustración 12 Aforo tubería de las barcadillas



Ilustración 13 Tapón roscado PVC



C. Anexo: Datos meteorológicos y pluviométricos IDEAM

Tabla 11 Datos Meteorológicos y Pluviométricos Estación San Isidro El

ESTACION SAN ISIDRO													
AÑO	MES												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	MAX MENSUAL
1990	0	0	0	1.03666667	0.40967742	1.18333333	0.67741935	2.12903226	1.44	20.3290323	2.16	2.01290323	20.32903226
1991	0	0	0	0	1.24193548	2.25333333	4.1483871	1.40322581	3.66	5.78709677	1.51666667	0	5.787096774
1992	0	0	0	2.11666667	4.08064516	2.89333333	1.27741935	1.72258065	7.86	3.69354839	0.17333333	0.67741935	7.86
1993	0.18387097	0	0.27419355	0.78	13.383871	0.48	3.51935484	4.08709677	6.21333333	2.70322581	2.05	0	13.38387097
1994	0	0	0	0	5.53870968	0	0.92258065	3.38387097	2.81333333	4.99677419	5.58666667	0	5.58666667
1995	0	0	0	0	4.49333333	0.59032258	1.57333333	6.11290323	11.3806452	10.3366667	7.01935484	0.04666667	11.38064516
1996	0	0	0.02580645	1.34666667	8.01612903	2.58333333	0.44193548	0.33548387	0.23	1.3483871	0.11333333	0	8.016129032
1997	0	0	0	0.13333333	0.64516129	9.43333333	1	0.90322581	0.35	0.30645161	0.54333333	0	9.43333333
1998	0.1483871	0	0.04516129	0.72	0.44516129	0.52666667	0.22258065	0.55806452	1.23333333	0.46129032	0.23333333	0.09354839	1.23333333
1999	0	0	0.04516129	0.09	0.15806452	7.78	0.21290323	7.18064516	6.72333333	11.3451613	10.6666667	0.21290323	11.34516129
2000	1.1483871	0	0	0.4	2.43225806	3.93	1.82580645	2.25483871	8.6	2.57741935	2.91333333	2.11290323	8.6
2001	0	0	0.81935484	0	4.77741935	0.28	2.0483871	3.66129032	3.1	6.18387097	2.59333333	0.77419355	6.183870968
2002	0	0	0.24516129	2.05333333	6.81612903	1.71666667	5.12258065	0.90322581	5.87333333	2.97741935	1.65666667	1.70322581	6.816129032
2003	0	0	0	0.46333333	1.44193548	6.89333333	4.58387097	1.69032258	3.87666667	4.86774194	3.15666667	1.91290323	6.89333333
2004	0	0	0	0.58666667	6.1483871	1.33333333	4.43870968	3.30967742	5.22333333	10.1258065	5.71	0	10.12580645
2005	0	0	0	0.08	1.37741935	5.3	4.11612903	2.75806452	8.14	5.23	2.58	0	8.14
2006	0	0.05	0	1.93333333	5.06451613	4.98	3.62903226	2.8483871	3.76666667	3.63870968	3.06666667	0.61290323	5.064516129
2007	0	0	0.31290323	1.83333333	7.53870968	2.04	1.08064516	4.97096774	9.99333333	15.5774194	0.55333333	0.23548387	15.57741935
2008	0	0	0.03870968	0.06	4.67096774	3.1	2.42903226	5.88064516	2.71333333	8.08709677	4.13666667	0	8.087096774
2009	0	0	0.11612903	0.28333333	2.3	2.28333333	0.60645161	3.09677419	2.34666667	3.03448276	1.3276216	0.53666667	3.096774194
2010	0	0	0.33548387	4.18333333	1.02580645	5.73333333	6.11290323	8.13870968	7.98666667	7.44516129	5.07666667	1.18709677	8.138709677
2011	0.01612903	0	0.81612903	0.35333333	3.00322581	5.01	4.61935484	0.78064516	6.14333333	13.8483871	6.23666667	0.73870968	13.8483871
2012	0	0	0.01290323	2.27333333	6.0483871	0.36333333	0	0.53870968	1.02666667	5.70967742	0	0.01612903	6.048387097
2013	0	0	0.02258065	0.01666667	6.46451613	2.95333333	0.28387097	3.6516129	2.60333333	2.40338262	1.35	0	6.464516129
2014	0	0	0	0	0.78387097	0.50333333	0	1.98064516	3.71	2.96129032	2.27666667	0	3.71
2015	0	0	0	0	0	0.58	0.35483871	0	0.25333333	6.47741935	2.48	0	6.477419355
2016	0	0	0	2.38	3.35806452	3.86	0.72258065	2.05483871	2.88	8.02580645	1.84	0	8.025806452
2017	0	0	0	3.58333333	1.7516129	1.92	3.81935484	4.65483871	2.38333333	0.11290323	3.68333333	0	4.65483871
2018	0	0	0	0	0	3.8	0	1.41935484	11.7766667	4.22580645	1	0	11.77666667
2019	0	0	0	0	1.44193548	1.65666667	2.42903226	0.30645161	3.15666667	4.58387097	2.25483871	0	4.583870968
PROMEDIO	0.04989247	0.00166667	0.10365591	1.04	3.36516129	2.89811111	2.22526882	2.9327957	4.54711111	5.86946648	2.56608201	0.42756631	MAXIMO: 20.32903226

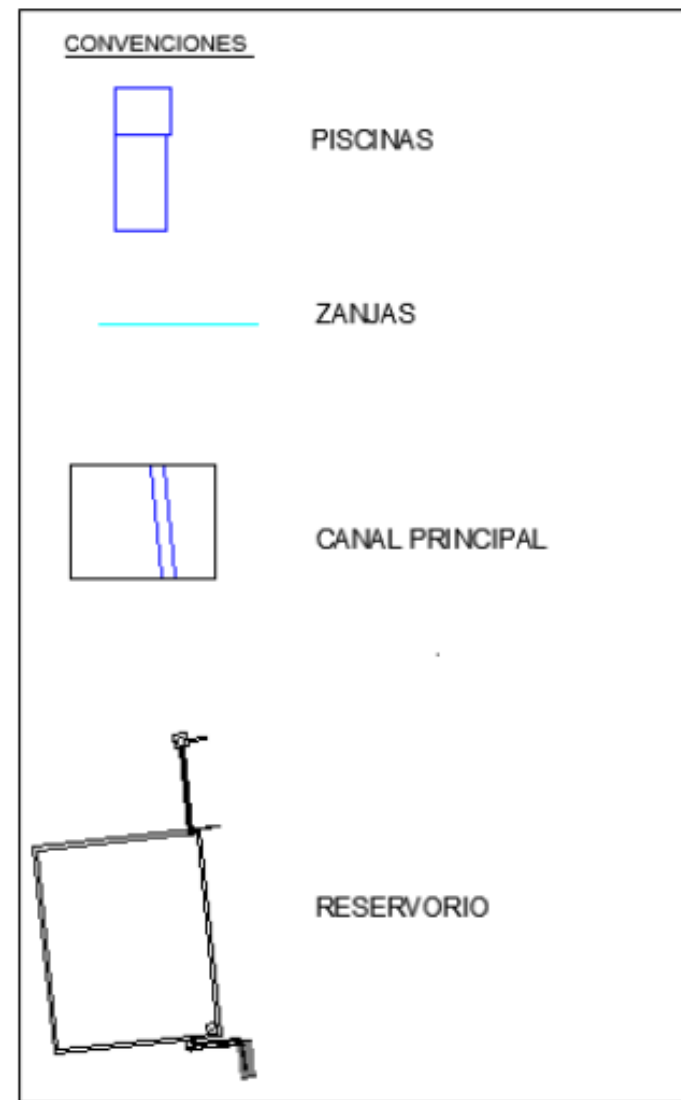
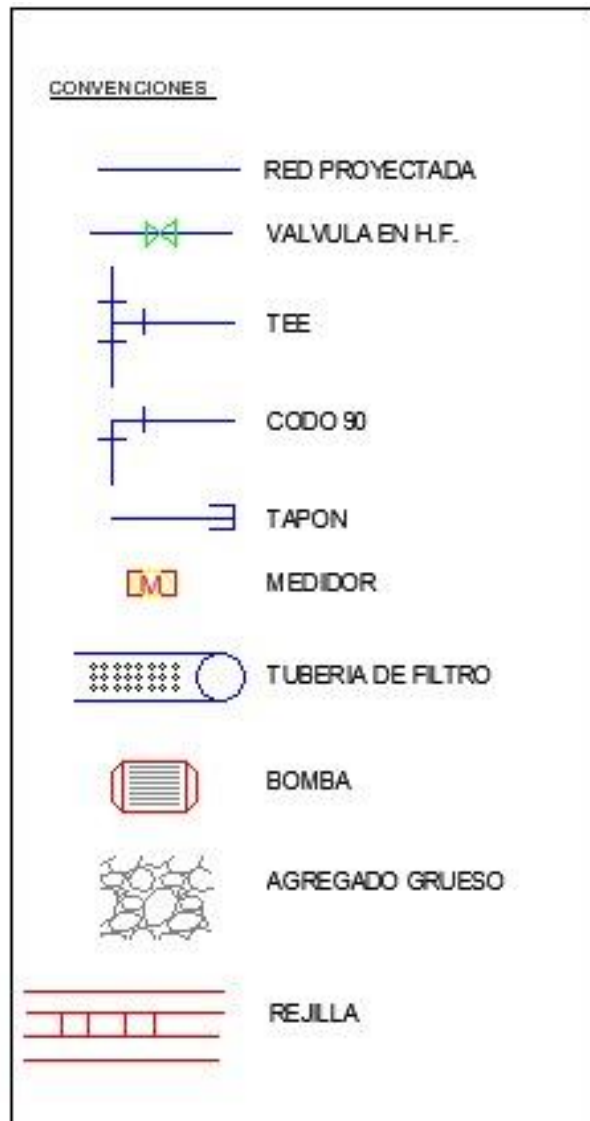
Tabla 12 Datos Meteorológicos y Pluviométricos Estación San Enano El

ESTACION ENANO EL													
AÑO	MES												MAX MENSUAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1990	0	0	0	0.3	0.929032	0.366667	0.835484	2.26875	4.063333	18.12903	2.78	2.709677	18.12903
1991	0	0.178571	0	0	1.16129	0.866667	0.451613	2.754839	6.61	5.070968	1.506667	0	6.61
1992	0	0	0	2.55	9.096774	4.06	3.5	2.887097	9.74	2.612903	0.383333	0	9.74
1993	0.174194	0	0.016129	1.126667	5.822581	0.433333	3.145161	4.709677	6.71	1.109677	2.7	0	6.71
1994	0	0	0	0.633333	4.483871	0	0.806452	1.783871	5.8	5.048387	4.24	0	5.8
1995	0	0	0	3.866667	0	2.16	4.712903	10.13871	13.22333	8.806452	0	0	13.22333
1996	0	0	0	0.326667	8.487097	9.19	2.867742	2.86129	1.446667	11.14194	0	0	11.14194
1997	0	0	0	0	0.909677	7.556667	0.483871	0.412903	2.533333	3.322581	4	0	7.556667
1998	0.112903	0	1	0.5	6.267742	3.6	2.558065	3.706452	8.696667	3.141935	0.883333	0.667742	8.696667
1999	0.116129	0	0.403226	3.186667	0.235484	9.61	0.390323	7.545161	7.826667	13.72258	10.17	0.454839	13.72258
2000	0	0.013793	0.006452	1.833333	3.851613	3.453333	2.709677	2.496774	7.615385	5.241935	2.99	3.217857	7.615385
2001	0	0	0.063333	7.009677	3.353333	4.422581	5.33	9.79	7.203226	3.093333	0.816129		9.79
2002	0	0	0.154839	0.993333	5.116129	3.833333	2.116129	3.916129	4.64	6.777419	0.556667	1.054839	6.777419
2003	0	0	0	3.503333	4.364516	10.31333	2.006452	5.822581	7.936667	17.49032	6.92	2.796774	17.49032
2004	0	0	0	4.23	7.619355	1.61	4.270968	10.63226	3.926667	10.00968	5.166667	0.022581	10.63226
2005	0	1.442857	0	2.771429	4.272414	9.746667	3.809677	5.270968	7.436667	11.40323	8.016667	0.790323	11.40323
2006	0	0	0.464516	1.23	6.054839	3.596667	2.341935	7.425806	3.251724	12.93214	8.64	1.222581	12.93214
2007	0	0	0.635484	5.993333	7.93871	2.45	6.322581	7.493548	12.00667	12.98333	5.924138	0.977419	12.98333
2008	0	0	0.773333	0.986667	4.890323	4	7.522581	10.09032	10.59333	9.783871	12.81667	0.467742	12.81667
2009	0	0.054167	0.6	1.05	9.329032	9.043333	3.037931	5.2	2.473333	4.96129	4.14	0.436667	9.329032
2010	0	0.010714	1.970968	5.87	1.187097	8.91	7.487097	15.95484	6.996667	10.36333	10.76333	1.345161	15.95484
2011	0	0	0	0	3.219355	4.253333	4.716129	4.712903	11.28333	18.2	9.883333	1.141935	18.2
2012	0	0	0	0	5.896774	6.81	0.290323	7.564516	1.423333	0.948387	0	0	7.564516
2013	0	0	0.067742	1.166667	4.329032	3.903333	0	0.380645	4.53	5.229032	5.826667	0	5.826667
2014	0	0	0	0	1.764516	2.803333	0.870968	2.419355	4.886667	7.303226	0	0	7.303226
2015	0	0	0	0	4.322581	0.116667	0.903226	0.135484	0	5.893548	4.476667	0.66	5.893548
2016	0.02	0.06	0.22	1.57	4.41	4.12	2.69	4.71	5.98	7.81	4.26	0.258065	7.81
2017	0	0	0.387097	4.65	4.616129	3.833333	5.16129	5.451613	4.766667	2.2	10.63333	0.096774	10.63333
2018	0.16129	0	0	0.233333	2.833333	1.183333	1.877419	0.8	4.48	1.264516	0.326667	0	4.48
2019	0	0	0	0.143333	2.025806	2.66	0.993548	1.133333	4.703333	4.212903	0.846667	0.66	4.703333
PROMEDIO	0.02	0.06	0.23	1.63	4.41	4.26	2.78	4.87	6.18	7.81	4.40	0.66	TOTAL MAX MENSUAL 18.2

Tabla 13 Datos Meteorológicos y Pluviométricos Estación Ruby El

ESTACION RUBY EL.														
AÑO	MES												MAX MENSUAL	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1990	0	0	0	2.1	0.41935484	6.33333	3.290326	2.7741935	3.3333333	0	2.6666667	2.7096774	6.33333	
1991	0	0	0	0	1.2580645	2.8	1.0645161	3.7096774	5.9	3.6774194	1.9666667	0	5.9	
1992	0		0	6.6129032	6.6129032	4	4.2903226	1.483871	2.6333333	1.1935484	1.8	0	2.602443791	
1993	0.4516129	0	0	0.9333333	7.4516129	2.5333333	3.1935484	2.6129032	4.8666667	1.3548387	2.5333333	0.0967742	2.168996408	
1994	0	0	0	1.9	5.516129	0.1	0.7419355	5.0645161	5	3.9032258	12.176471	1.2258065	12.176471	
1995	0	0	0	4.0666667	0.8709677	3.5	1.7	6.3548387	9.8666667	10.645161	0	0	10.645161	
1996	0	0	0	1.0333333	5.4074074	5.0344828	10.387097	5.5483871	9.0333333	12.612903	2.4333333	0	12.612903	
1997	0	0.0357143	0	0.6333333	1.8387097	8.0333333	0.7419355	2.2258065	8.5333333	11.064516	7.2	0	11.064516	
1998	0	0.3571429	0.7741935	7.6666667	3.0322581	5.8333333	0.9677419	4.8387097	13.333333	5.3666667	3.4137931	2.1290323	13.333333	
1999	0.1290323	0	0	2.9666667	2.0322581	13.233333	0	12.83871	11.846154	16.483871	0	1.4193548	16.483871	
2000	0	0	0	1.13	2.193584	3.0666667	2.3870968	3.0367742	10.966667	1.1290323	2	1.7333333	10.966667	
2001	0	0	1.25806	0	5.29032	0.23333	2.51613	3	2.33333	7.83871	1.16667	1.9355	7.83871	
2002	0	0	0	2	3.29032	5.03333	5.16129	3.83871	5.43333	3.24806	1.5	6.25806	6.25806	
2003	0	0	0	2.23333	2.25806	6.64286	5.3871	3.77419	4.93333	10.3226	9.3	2.74194	10.3226	
2004	0	0	0	2	7.7	3.13333	5.29032	5.25806	4.03333	11.3548	5.66667	0	11.3548	
2005	0	0	0	0.76667	2.32258	6.83333	3.51613	4.45161	3.66667	3.25806	4.76667	1.06452	6.83333	
2006	0.58065	0	0	0.33333	5.67724	7.03333	2	5.83871	2.7	7.41935	6.66667	0.32258	7.41935	
2007	0	0	0.35484	5.86667	12.8387	4.53333	1.51613	9	7.23333	5.67742	5.4	0	12.8387	
2008	0	0	0	0	0	0	0.04762	0	0.69565	0	0.17391	0	0.69565	
2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.33333	2.46667	0.80645	2.46667	
2010	0	0	0	0.862069	0.555556	2.653846	0.5	0.95	11.933333	7.096774	10.5	2.677419	11.933333	
2011	0	0	2	2.4	4.032256	5.266667	10.19355	4.032258	6	21.03226	9.266667	1.451613	21.03226	
2012	0	0	0	0	0	1.333333	0	2.580645	0	11.90323	0.233333	0	11.90323	
2013	0	0	0	0.966667	8.064516	2.366667	3.193548	4.935484	3.9	9.483871	3.4	0	9.483871	
2014	0	0	0	0.133333	2.322581	2.766667	0	2.193548	7.066667	5.225806	1.333333	0	7.066667	
2015	0	0	0	0	0.45667	0.012357	1.67899	0.73	0.345666	4.877655	0.6774554	0.12333	4.877655	
2016	0	0	0	0	0.54677	0.43	1.89765	7.5729	6.9887	6.988	0.984512	0.8975	7.5729	
2017	0	0	0	0	0.12344	0.45672	0.1987333	1.785	0.356899	7.984512	0.76543	0.6253768	7.984512	
2018	0	0.098333	0	0	0.67895	1.78963	2.638747	3.8753	6.67387	3.87368	1.3873	3.7658	6.67387	
2019	0	0	0	0	0.98635	0.134688	2.756485	3.874995	5.38358	8.83548	5.84994	2.4649	8.83548	
PRODEDIO: 0.03870984 0.01693759 0.14623645 1.55349907 3.25925195 3.50404091 2.57523144 3.93932658 5.49968352 6.83949268 3.58984982 1.14829891													21.03226	
														MAX MENSUAL TOTAL

D. Anexo: Tablas convenciones



Architectural drawing showing a window and door assembly with dimensions. The window is labeled "VED. PLANTA" and has a width of 15.8000 and a height of 12.8000. The door is labeled "P" and has a width of 0.7000 and a height of 0.7000. The drawing includes various dimensions for the window frame, door frame, and the overall assembly, including a small detail of a door handle and a door frame section.

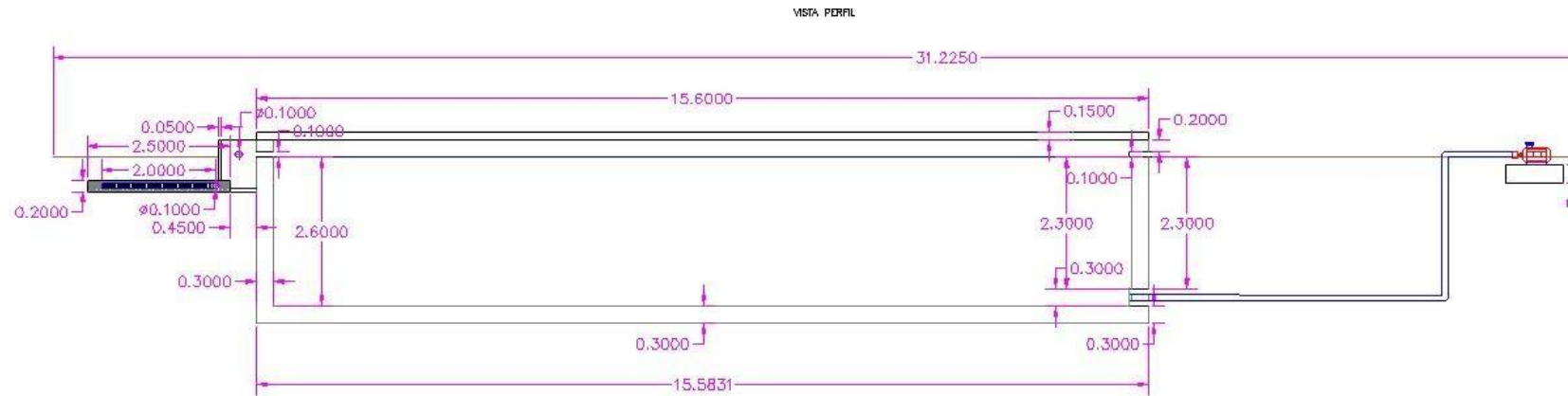
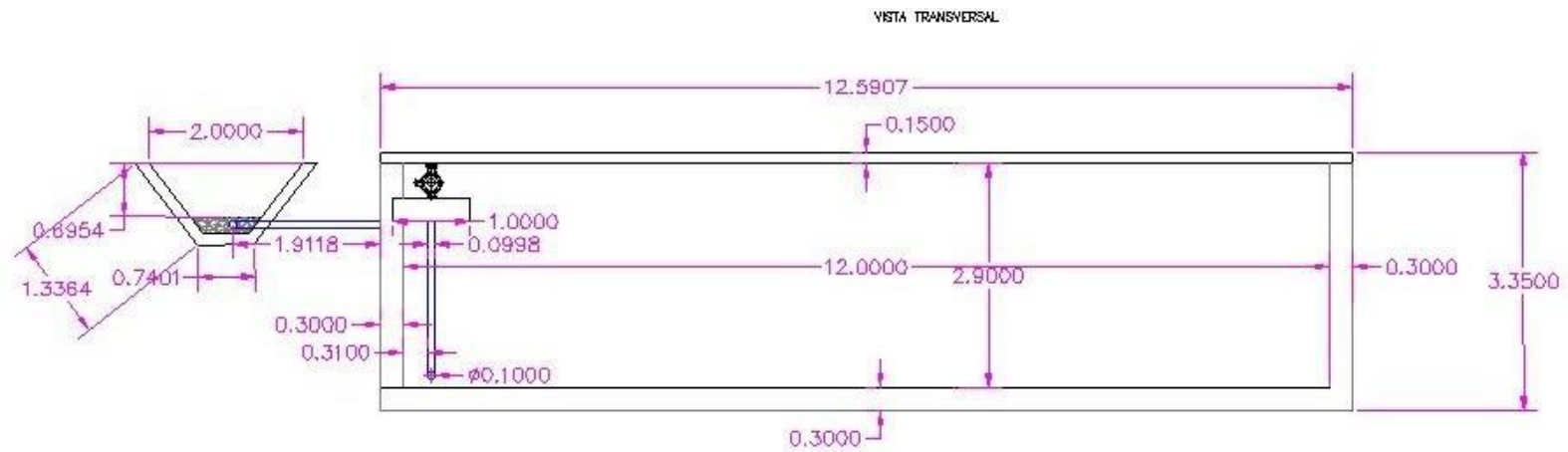
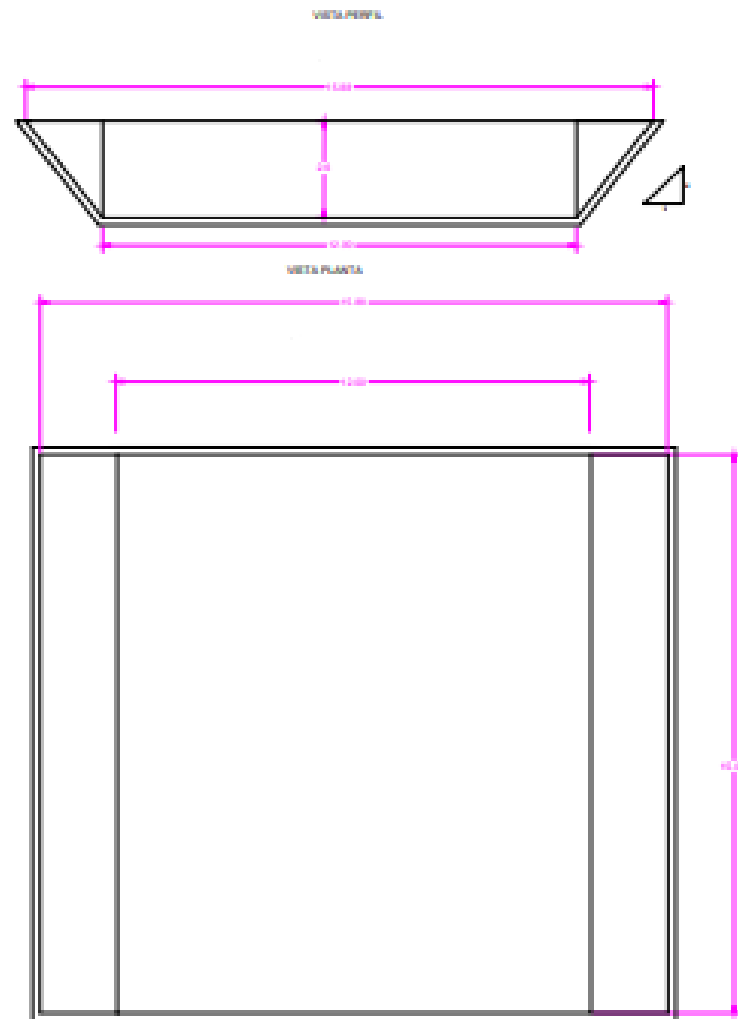
Ilustración 15 Vista Perfil**Ilustración 16 Vista Transversal**

Ilustración 17 Vista corte perfil reservorio



F.Anexo: Plano modificación infraestructura canal principal

Ilustración 18 Vista transversal del canal principal

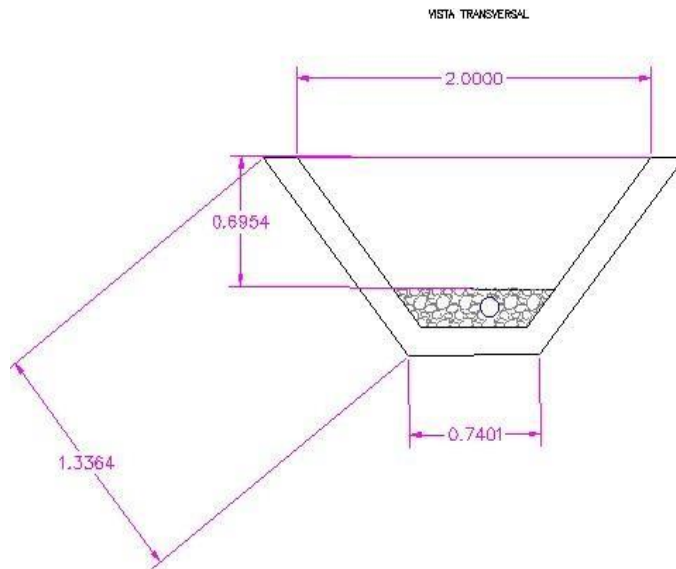
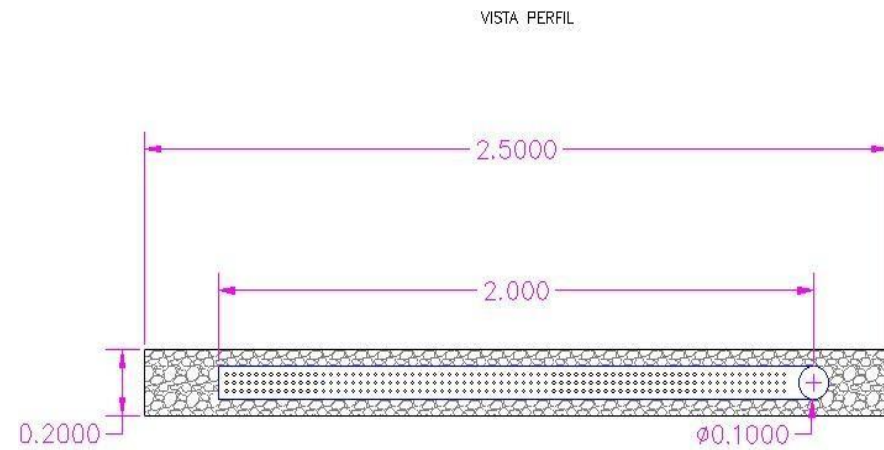
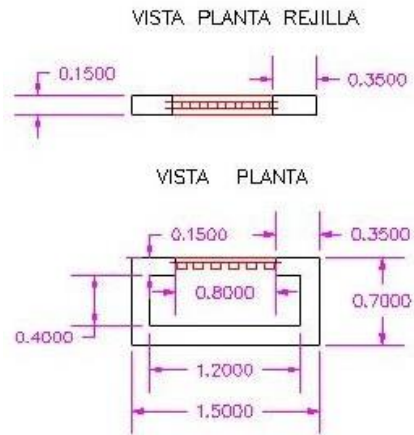


Ilustración 19 Vista Perfil del canal principal

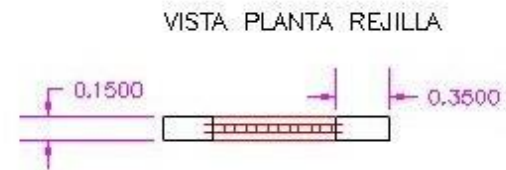


G. Anexo: Planos Infraestructura canal salida de agua de barcadillas con rejillas.

Ilustración 20 Canal Salida de Agua Barcadillas

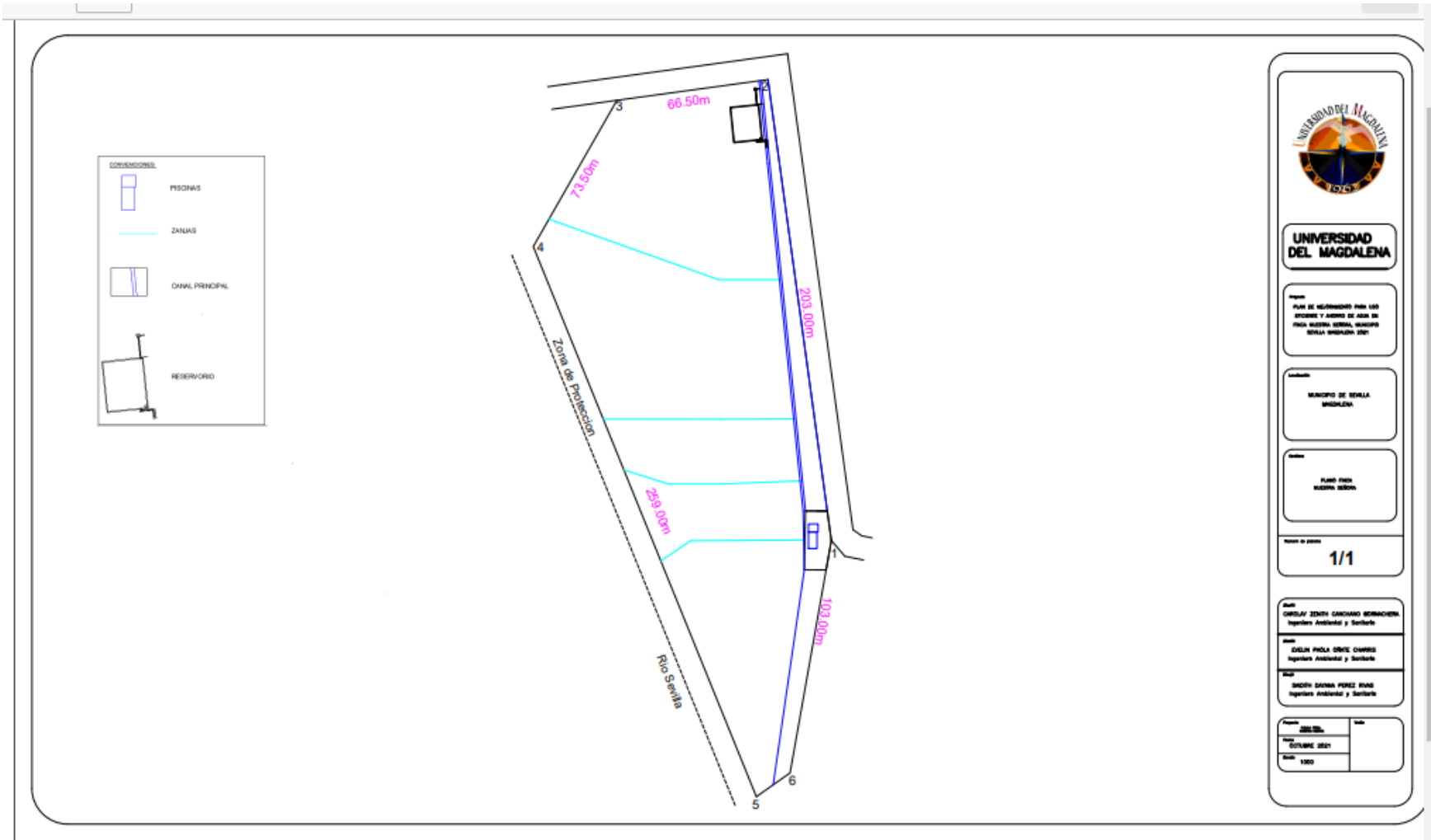


CANAL SALIDA DE AGUA PISCINAS



H. Anexo: Plano Finca Nuestra Señora Con Reservorio

Ilustración 21 Plano Finca Nuestra Señora Con Reservorio



I. Anexo: Cálculos

Volumen de agua zonas verdes

- **Zona1:**

$$V = Q \times t$$

$$V = 238.63 \frac{L}{s} \times 30min$$

$$V = 238.63 \frac{L}{s} \times 1800s$$

$$V = 429.534 \text{ L}$$

- **Zona2**

$$V = Q \times t$$

$$V = 261.96 \times 30$$

$$V = 261.96 \frac{L}{s} \times 1800s$$

$$V = 471.528 \text{ L}$$

- **Zona3**

$$V = Q \times t$$

$$V = 84.16 \times 30$$

$$V = 84.16 \frac{L}{s} \times 1800s$$

$$V = 151.488 \text{ L}$$

▪ **Zona4**

$$V = Q \times t$$

$$V = 74.56 \times 30$$

$$V = 74.56 \frac{L}{s} \times 1800s$$

$$V = 134.208 L$$

▪ **Zona5**

$$V = Q \times t$$

$$V = 158.88 \times 30$$

$$V = 158.88 \frac{L}{s} \times 1800s$$

$$V = 285.984 L$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (lps)

t: Tiempo (sg)

Volumen total de las zonas verdes

$$V_{total} = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

$$V_{total} = 429534 + 471528 + 151488 + 134208 + 285984$$

$$V_{total} = 1472742 L$$

Donde:

V1=volumen de la zona verde 1

V2=volumen de la zona verde 2

V3=volumen de la zona verde 3

V4=volumen de la zona verde 4

V5=volumen de la zona verde 5

CAUDAL DE ALIMENTACIÓN DE LAS BARCADILLAS

- Aforo para calcular el caudal de las Barcadillacinas de lavado del banano.

Datos:

$$\emptyset = 1 \text{ pulg}$$

Aforo nº1

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

$$Q = \frac{3l}{5s}$$

$$Q = 0.6 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº2

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

$$Q = \frac{3l}{6s}$$

$$Q = 0.5 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº3

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

$$Q = \frac{3L}{7s}$$

$$Q = 0.42 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº4

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

$$Q = \frac{3L}{5s}$$

$$Q = 0.6 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº5

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

$$Q = \frac{3l}{4s}$$

$$Q = 0.75 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº6

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

$$Q = \frac{3l}{4s}$$

$$Q = 0.75 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº7

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

$$Q = \frac{3L}{3s}$$

$$Q = 1l/s$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº8

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

$$Q = \frac{3L}{3s}$$

$$Q = 1 l/s$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº9

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

$$Q = \frac{3l}{4s}$$

$$Q = 0.75 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº10

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

$$Q = \frac{3L}{5s}$$

$$Q = 0.6 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº11

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

$$Q = \frac{3L}{5s}$$

$$Q = 0.6 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº12

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

$$Q = \frac{3l}{6s}$$

$$Q = 0.5 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº13

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

$$Q = \frac{3l}{6s}$$

$$Q = 0.5 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº14

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

$$Q = \frac{3l}{6s}$$

$$Q = 0.5 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Aforo nº15

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

$$Q = \frac{3l}{5s}$$

$$Q = 0.6 \text{ l/s}$$

Donde:

Q= caudal (L/S)

V= volumen (LITROS)

t= Tiempo (segundos)

Se calculó finalmente el promedio del caudal de aforo de la siguiente manera:

$$0.6+0.5+0.42+0.6+0.75+0.75+1+1+0.75+0.6+0.6+0.5+0.5+0.5+0.6=9.67/15$$

$$Q_{\text{Promedio}}=0.6 \text{ lps}$$

- **Volumen de desperdicio de agua en las barcadillas.**

$$V_{\text{barcadilla}} = Q \times t$$

$$V_{\text{barcadilla}} = 0.6 \text{ l/s} \times 6 \text{ horas}$$

$$V_{\text{barcadilla}} = 0.6 \text{ l/s} \times 6 \text{ horas} \times \left(\frac{3600 \text{ segundos}}{1 \text{ hora}} \right)$$

$$V_{\text{barcadilla}} = 12.960 \text{ L} \approx 12.96 \text{ m}^3$$

Donde:

$V_{barcadilla}$ = volumen de barcadilla

Q = caudal de alimentación de las barcadillas

t = tiempo en segundos

- Volumen de agua total de desperdicio de las barcadillas de lavado.

$$V_{T\ Desp\ Bar} = V_{barcadilla} \times \#barcadilla$$

$$V_{T\ Desp\ Bar} = 12.96m^3 \times 2$$

$$V_{T\ Desp\ Bar} = 25.92\ m^3 \times 1000$$

$$V_{T\ Desp\ Bar} = 25.920L$$

Donde:

$V_{T\ Desp\ Bar}$ = volumen total del desperdicio de las barcadillas

$V_{barcadilla}$ = volumen de barcadilla

$\# barcadilla$ = número de barcadillas

- Volumen de agua en barcadilla1.

$$V_{barcadilla1} = a \times b \times h$$

$$V_{barcadilla1} = 3m \times 3m \times 0.34m$$

$$V_{barcadilla1} = 3.06m^3 \times 1000$$

$$V_{barcadilla1} = 3060L$$

Donde:

V barcadilla = volumen de agua en barcadilla 1

a = alto

b = ancho

h = profundidad

- **Volumen de agua en barcadilla2.**

$$V \text{ barcadilla2} = a \times b \times h$$

$$V \text{ barcadilla2} = 4.5m \times 2.15m \times 0.55m$$

$$V \text{ barcadilla2} = 5.32 \text{ m}^3 \times 1000$$

$$V \text{ barcadilla2} = 5321 \text{ L}$$

Donde:

V barcadilla = volumen de agua en barcadilla 2

a = alto

b = ancho

h = profundidad

- **Volumen total de agua en las barcadillas.**

Se determinó utilizando la siguiente expresión:

$$V_{total} = V_{barcadilla1} + V_{barcadilla2}$$

$$V_{total} = 8381L$$

Donde:

Vtotal= volumen total de agua en las barcadillas (ambas barcadillas)

Vbarcadilla1 = volumen de agua la barcadilla número 1

Vbarcadilla2 = volumen de agua la barcadilla número 2

- **Volumen total de desperdicio de agua y zonas verdes**

$$V_{total} = V_{pisc L} + V_{T desp. Bar} + V_{z verde L}$$

$$V_{total} = 8381L + 25.920L + 428.862 L$$

$$V_{total} = 463.163 L$$

Donde

Vtotal= volumen total

Vpisc L= volumen de agua de las piscinas de lavado

V T desp. Bar= volumen total de agua de desperdicio en barcadillas

Vz verde L= volumen total de zonas verdes

- **Dimensiones del reservorio (Tanque)**

$$V = a \times b \times h$$

$$V = 15 \times 12 \times 2.6$$

$$V = 463.16m^3$$

Donde:

V: Volumen total del Reservorio a: largo

b: ancho

h: profundidad

7. Referencias

Análisis de agua para riego. Recuperado del sitio web Gov.co: <https://www.igac.gov.co/es/contenido/analisis-de-agua-para-riego>

Cabeza Meza, O. (2014). *Agua y conflictos en la Zona Bananera del Caribe colombiano en la primera mitad del siglo X*. Universidad Nacional de Colombia: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/51537/22466759.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO. (2021). *Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/water-footprint/es/>

Finagro. (junio de 2018). *Finagro*. Obtenido de Finagro: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_banano_version_ii.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (Julio de 2016). Minambiente. Obtenido de Minambiente: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/Presentaci%C3%B3n_Re%C3%BAso_2016.pdf

MINISTERIO DE AGRICULTURA DESARROLLO RURAL. (2015). Minagricultura.gov. Obtenido de Minagricultura.gov: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Banano/Documentos/2015-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ortega Parejo, E. (2020). *Plan De Desarrollo Territorial 2020-2023*. Alcaldía Zona Bananera

Ovalle Caro, J., Prieto Jiménez, L., (2020). *Diseño De Un Sistema De Almacenamiento Y Distribución De*

Aguas Lluvias Para Producción Agrícola En El Municipio De La Mesa - Cundinamarca. Universidad Católica de Colombia

Pulido Gonzales, C. (2017). *Diseño Del Programa De Uso Eficiente Y Ahorro Del Agua En La Finca Jardines De Colombia De La Empresa The Elite Flower.* Universidad Santo Tomas.

Pulido, C. (2017). *Huella hídrica de la industria bananera* | Foro Mundial Bananero | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. perez. <http://www.fao.org/world-banana-forum/projects/good-practices/water-footprint/es/>

Torregroza Monsalve, L. (2011). *Guía Practica Para La Elaboración Del Programa De Ahorro Y Uso Eficiente Del Agua En Fincas Bananeras Del Magdalena.* AGROSAVIA

