



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA
CONCEPCION

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA REUTILIZACIÓN DE
AGUA LLUVIA, PARA LAS INSTALACIONES DE UN PREDIO
AGRÍCOLA DE CULTIVO DE ARANDANOS UBICADO EN LA
REGIÓN DE LOS LAGOS.**

NICOLAS SEBASTIAN VARGAS CARCAMO

2022

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION

“REY BALDUINO DE BELGICA”

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUA LLUVIA, PARA LAS INSTALACIONES DE UN PREDIO AGRÍCOLA DE CULTIVO DE ARANDANOS UBICADO EN LA REGIÓN DE LOS LAGOS.

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CONSTRUCTOR

Alumno: Nicolas Vargas Cárcamo

Profesor Guía: Sr. Sergio Monroy Morales

2022

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

Quisiera Agradecer en primera instancia a mi familia y amigos que durante este proceso han sido un pilar fundamental, también quisiera dar gracias a Dios. También dar gracias a mi profesor guía el cual me brindó su total apoyo y atención en todo momento para realizar este importante logro.

Resumen

Para determinar las dimensiones que abarcará este proyecto se cotejarán datos recopilados de la zona donde se aplica el proyecto, estos datos fueron en especifica relación con el agua lluvia caída en el predio y datos de producción de arándanos. Tales datos fueron el clima, precipitaciones, valor de agua potable en el predio, además de ver el consumo por cada planta, pero orientada solamente a una hectárea de arándanos.

Los datos facilitados por agricultores de la zona nos indica de cada planta al día gasta 3,5 litros siendo un total de 3.300 plantas por hectárea esto según “MANEJO DE AGUA Y RIEGO DE ARÁNDANOS – Revista frutícola” además de regar de 3 veces por semana, lo cual nos muestra que al mes se estiman 138.600 litros por hectárea de plantación.

Por otro lado, se analizaron los precios del agua potable en la zona y se pudo determinar el m³ de consumo al mes por hectárea el cual fue de 160,812 m³, y determinando así el precio final de consumo al mes por hectárea \$545.597.

De acuerdo a los datos obtenidos por las precipitaciones se pudo determinar el agua ofertada en el predio y compararlo con el agua demandada por las plantas.

En base a todos los datos obtenidos se pudo diseñar un modelo de recolección y almacenamiento mediante un embalse de geomembrana hpde el cual posee una capacidad de 482,4 m³ y posterior distribución contemplando la ya existente, para así a minorizar costos.

INDICE

INTRODUCCION	3
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE GRÁFICOS	10
ÍNDICE DE TABLAS	11
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	15
OBJETIVO GENERAL	16
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	17
MARCO TEÓRICO	18
MARCO NORMATIVO.....	25
CAPÍTULO I: DESCRIBIR ANTECEDENTES CLIMÁTICOS Y AGRÍCOLAS EN EL PREDIO LOS ROBLES	26
1. Ubicación del proyecto.....	27
2. Lugar de aplicación.....	30
3. Necesidades de consumo.....	31
4. Cantidad de agua caída en la zona	33
CAPITULO II: DISEÑAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUAS LLUVIA PARA EL CULTIVO DE ARANDANO PARA EL FUNDO LOS ROBLES	34
1. Determinación del área de captación	35
1.1. Bases del diseño	35
1.2. Determinación de la demanda	35
2. Determinación del volumen del tanque de abastecimiento.....	36
3. Selección de bomba	39
4. Selección de filtro	40

5.	Selección del programador	41
6.	Diagrama de diseño y distribución agua lluvia.....	42
CAPITULO III: EL VALUAR ECONOMICAMENTE EL SISTEMA DE CAPTACION DE AGUAS LLUVIA PARA EL FUNDO LOS ROBLES.....		43
1.	Tamaño del proyecto	45
2.	Bajadas de agua lluvia.....	45
3.	Evaluación económica.....	47
3.1.	Tanque de abastecimiento.....	47
3.1.1.	Geomembrana HDPE.....	47
3.1.1.1.	Tranques de agua	48
3.1.2.	APU de excavación	49
3.1.3.	APU de imprimación de embalse con geotextil	50
3.2.	Filtro de aguas pluviales autolimpiable.....	51
3.3.	Estación de riego por goteo	52
3.4.	Bajada de aguas lluvia.....	53
3.5.	Presupuesto General para la recolección almacenamiento y distribución de las aguas lluvia.....	54
3.6.	Retorno de inversión.....	55
CONCLUSIÓN		56
BIBLIOGRAFÍA.....		58

INTRODUCCION

El propósito de este proyecto consiste en provocar un ahorro monetario a la administración del predio agrícola “Los robles” ubicado en la región de los lagos, Osorno, específicamente se busca minorizar los gastos correspondientes al consumo de agua potable para el regadío de la plantación de arándano.

Para minorizar los gastos se pretende realizar un aprovechamiento al agua caída en el predio mediante un sistema de captación de agua lluvia almacenaje y distribución de esta, ya que la zona posee una precipitación anual de 1591 mm al año según **CLIMATE-DATA.ORG**.

Para determinar las dimensiones que abarcará este proyecto se analizaran los datos del sector en donde se ubica el predio, además de la oferta y la demanda del agua lluvia caída.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - Captación, 2.- Filtro, 3.- Depósito, 4.- Bomba, 5.- Conmutado y/o control	12
FIGURA 2 - ReporteClimatico2020	18
FIGURA 3 - Pluviómetro. Clima.com,	22
FIGURA 4 - Sistema de captación de agua pluvial en techos	23
FIGURA 5 - Predio los robles.....	27
FIGURA 6 – Área de captación de agua lluvia.....	30
FIGURA 7 - Sistema Riego por goteo.....	32
FIGURA 8 - Electrobomba centrífuga 1 HP 100 l/min.....	39
FIGURA 9 - Filtro agua pluvial para bajante redondo Gris o Marrón 100-110 mm.....	40
FIGURA 10 - Programador de Riego NODE 100 Con VALV PGV 101 1 estación	41
FIGURA 11 - Diagrama de red de distribución agua lluvia	42
FIGURA 12 - distribución de bajada de agua lluvia	46
FIGURA 13 - Geomembrana HDPE	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1 - Datos históricos de temperatura en el Osorno en 2022 28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - superficie de arándano por región	13
Tabla 2 - Huella hídrica chile.....	14
Tabla 3 - Datos históricos del tiempo Osorno.	29
Tabla 4 - Resumen histórico mensual anual.....	33
Tabla 5 - Tabla de cálculo Agua lluvia ofertada	37
Tabla 6 - tamaño del proyecto	45

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El aprovechamiento y gestión del agua de lluvia son fundamentales ante dos de los principales retos que se están enfrentando las ciudades en la actualidad como lo es el desarrollo urbano en aumento constante y el cambio climático significativo. Si se aprovecha el agua de lluvia de forma integral en superficies impermeables, se puede solucionar parte de estos problemas o bien minorizarlos. Hacerle frente a esta problemática es necesario, es por ello que, si el agua de lluvia se le realiza un tratamiento previo a su utilización, se puede aprovechar como suministro alternativo de agua para usos no potables como: sanitarios, limpieza y regadío. Incluso agregando un proceso de desinfección, se puede potabilizar para aprovecharla en usos como duchas, lavamanos, entre otros.



FIGURA 1 - Captación, 2.- Filtro, 3.- Depósito, 4.- Bomba, 5.- Conmutado y/o control

Fuente: EcoHabitat

Chile es un principal exportador de frutas a nivel global, pero es el arándano uno de los más exportados, hoy nuestro país cuenta con más de 15.600 hectáreas cultivadas, siendo uno de los principales productores a nivel global, de acuerdo con la última versión del **Chilean Bluberry Comittee Crop & Export Report** entre los años 2020 – 2021 casi 106 mil toneladas de arándanos han sido exportadas al mundo esta temporada.

Región	IV	V	RM	VI	VII	VIII	IX	X	Total
Ha	3	59	115	55	202	429	362	685	1.910
%	0,3%	3,1%	6,0%	2,9%	10,6%	22,4%	18,9%	35,8%	100%

Tabla 1 - superficie de arándano por región

Fuente: Ministerio de agricultura

Por otra parte, al ser Chile uno de los principales productores de arándanos se requiere de un gran esfuerzo hídrico. El estudio de huella hídrica realizado en el año 2012 por la “**fundación para la innovación agraria**” que abarca los frutales, por uva de mesa, palto, manzano, olivo, nogal, cerezo, ciruelo, durazno, kiwi, almendra, peral, berries (frambuesa y arándano) demuestra que la huella hídrica total de la agricultura en Chile es de 9.508,73 millones de m³/año, con 486,9 L/Kg de huella total hídrica en la ciudad de Osorno (tabla 1)

Cuenca	Comuna	Huella Azul (L/kg)	Huella Verde (L/kg)	Huella Gris (L/kg)	Huella Total (L/kg)
Cuenca Río Bueno					
	PAILLACO	148,6	235,3	40,0	423,9
	LA UNION	212,4	211,6	40,0	464,0
	SAN PABLO	213,4	211,4	40,0	464,8
	OSORNO	239,4	207,5	40,0	486,9
	RIO NEGRO	212,5	211,4	40,0	463,9
	PURRANQUE	212,5	211,4	40,0	463,9

Tabla 2 - Huella hídrica Chile

Fuente: Observatorio para la Innovación Silvoagropecuaria y la Cadena Agroalimentaria

Es por ello que, para dar un enfoque de ahorro a la industria agrícola y alivianar el estrés hídrico que presenta, se puede utilizar esta agua de lluvia en procesos de riego industrial, la cual presenta las siguientes ventajas principales: alta calidad físico química, su captación se puede generar mediante estructuras construidas para su adaptabilidad en terreno, un ahorro importante en el consumo de agua, bajo costo de mantenimiento durante su almacenamiento.

La finalidad es provocar un ahorro monetario en el consumo de agua potable para poder aminorar los costos operacionales en el riego.

JUSTIFICACIÓN

El principal objetivo es el diseño de captación, almacenamiento adecuado a la demanda que se requiera y posterior distribución de agua en el predio agrícola “LOS ROBLES” ubicado en la región de los lagos, el agua recolectada se pretende utilizar en actividades de riego por goteo en las dependencias del predio.

Este problema hace relación a un deficiente manejo de los recursos hídricos en Chile, Según **AQUA FUNDACION** La agricultura de regadío supone hasta un 80% del consumo de agua en algunos países, lo que nos lleva a buscar nuevas formas de consumo de agua para el uso agrícola. Según la estación **Cañal Bajo, Osorno Ad.** se estiman 1235,5 mm de precipitación anual, lo cual nos deja en evidencia que existe la posibilidad de captar esa agua lluvia y utilizarla para el beneficio antes mencionado.

Por otra parte, se abordará el estudio técnico - económico del sistema de captación para el predio ya localizado. Con lo propuesto anteriormente, se busca generar un ahorro en las dependencias del predio agrícola para las actividades de regadío, esperando que, con estos resultados, se emplee en un futuro cercano a otros predios cercanos o bien más alejados de la región.

OBJETIVO GENERAL

- DISEÑAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUAS LLUVIA PARA EL CULTIVO DE ARANDANO PARA EL FUNDO LOS ROBLES

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- DESCRIBIR ANTECEDENTES CLIMATICOS Y APTITUD AGRICOLAS EN EL PREDIO LOS ROBLES
- PROPONER UN DISEÑO DE CAPTACIÓN ALMACENAJE Y DISTRIBUCIÓN DE AGUAS LLUVIA PARA EL PREDIO “LOS ROBLES”
- ELVALUAR ECONOMICAMENTE EL SISTEMA DE CAPTACION ALMACENAJE Y DISTRIBUCION DE AGUAS LLUVIA PARA EL FUNDO LOS ROBLES

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Para el desarrollo de la captación y uso del agua lluvia mediante el diseño propuesto, se establece una localización donde quedara ubicado el sistema, donde se realiza el respectivo proceso de captación, almacenamiento y distribución de este.

Se determina el área de recolección la cual consiste en dos techos de galpones de un total de 625 m² ubicados en la misma hectárea presentada, donde se pretende recopilar la información necesaria para determinar el volumen de lluvia ofertado por la zona, con tal información se estima hacer uso del agua lluvia para el volumen demandado por los servicios de regadío.

Posterior a los datos recogidos por el diseño se realizará una un análisis de los resultados obtenidos.

MARCO TEÓRICO

Precipitaciones

Según la Organización Meteorológica Mundial la precipitación es la fase del ciclo hidrológico que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. La precipitación se produce como consecuencia de la condensación, es decir, por la acumulación de vapor de agua en la atmósfera que propicia la formación de nubes. La lluvia depende de tres factores: la presión, la temperatura y la radiación solar.

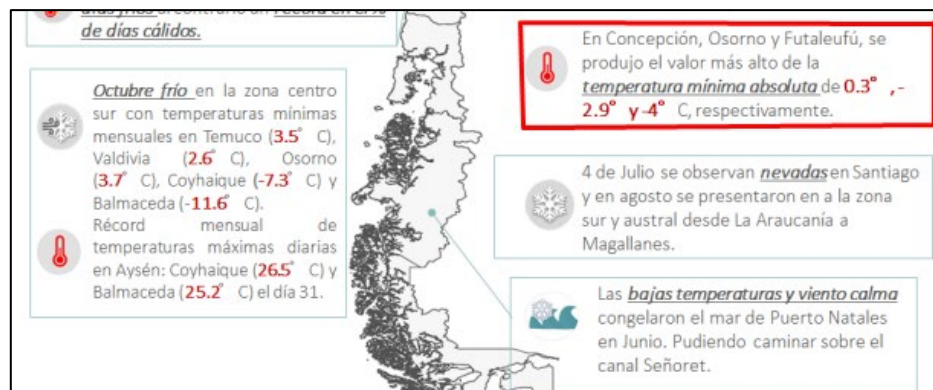


FIGURA 2 - ReporteClimatico2020

Fuente: Dirección Meteorológica de Chile

Las precipitaciones se miden en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m^2), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en milímetros o en litros por metro cuadrado (L/m^2) (1 milímetro de agua de lluvia caída equivale a 1 l/m^2)

Existen tipos de precipitaciones ya que en función de la temperatura de la atmosfera el agua caerá en estado sólido o líquido.

Llovizna: Precipitación cuasi uniforme compuesta exclusivamente de pequeñas gotas de agua (diámetro menor de 0,5 mm) muy numerosas, que pueden reducir la visibilidad en mayor medida que la lluvia ligera.

Lluvia: Precipitación de partículas de agua líquida en forma de gotas de diámetro mayor de 0,5 mm o más pequeñas si caen de forma dispersa.

Lluvia engelante: Lluvia formada por gotas de agua subfundida que se congela al impactar sobre un objeto.

Chubasco: Precipitación, frecuentemente fuerte y de corta vida, que cae desde nubes convectivas. Los chubascos se caracterizan por su comienzo y final repentinos. “Como sinónimo de chubasco puede usarse el término aguacero”.

Nieve: Precipitación de cristales de hielo aislados o aglomerados. La cota de nieve es aquella a partir de la cual la precipitación cae en forma de nieve, independientemente de si cuaja o no a ese nivel.

Granizo: Precipitación de pequeños glóbulos o trozos de hielo (pedrisco) con diámetros de entre 5 mm y 50 mm o algunas veces más, y que caen separados o agrupados irregularmente.

Parámetros de la lluvia

Intensidad: Se define como la cantidad de agua en función de la intensidad medida en mm/h durante una hora. Sin embargo, puesto que hay varias clases de precipitaciones se establecen distintos tipos de intensidad según la clase de precipitación. (**AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA**)

- **Llovizna:** En el caso de la llovizna no se hará distinción de intensidad, ya que por su definición la intensidad en mm/h es despreciable. Sin embargo, hay que tener cuidado de no confundirla con la lluvia débil.
- **Lluvias:** En este caso la distribución sí puede hacerse en mm/h.
 - **Débiles:** Cuando su intensidad es menor o igual que 2 mm/h.
 - **Fuertes:** Aquellas cuya intensidad es mayor que 15 mm/h y menor o igual que 30 mm/h.
 - **Muy fuertes:** Si su intensidad es mayor que 30 mm/h y menor o igual que 60 mm/h.
 - **Torrenciales:** Para intensidades mayores de 60 mm/h.
- **Chubascos:** La distribución puede hacerse también en mm/h.
 - **Fuertes:** Aquellos cuya intensidad es mayor que 15 mm/h y menor o igual que 30 mm/h.
 - **Muy fuertes:** Si su intensidad es mayor que 30 mm/h y menor o igual que 60 mm/h.

- **Torrenciales:** Para intensidades mayores de 60 mm/h.
- **Nieve:** Para el caso de nevadas:
 - **Débiles:** Los copos son normalmente pequeños y dispersos. Con viento en calma el espesor de la cubierta de nieve aumenta en una cantidad no superior a los 0,5 cm/h.
 - **Fuertes:** Reduce la visibilidad a un valor bajo y aumenta la cubierta de nieve en una proporción que excede a los 4 cm/h.

Probabilidad: El término de probabilidad que se utiliza para la predicción de una clase de precipitación y de una determinada intensidad, según la definición de probabilidad, con el porcentaje de probabilidad de que se dé el fenómeno en el ámbito territorial y temporal que abarque la predicción.

Distribución espacial: Se define como la probabilidad de que se dé una clase de precipitación de la intensidad citada en algún lugar, tomado al azar, del ámbito territorial de la predicción, o lo que es lo mismo, por el tanto por ciento de territorio al que va a afectar el fenómeno.

Distribución temporal: Aparte de las precisiones sobre los periodos del día en los que se pueden producir las precipitaciones (mañana, tarde, etc.), la distribución temporal se define con relación al porcentaje de tiempo en el que se van a producir las precipitaciones, respecto del intervalo para el que es válida la predicción (24 horas, normalmente)

Medición de la lluvia

La lluvia se mide con un instrumento meteorológico llamado pluviómetro. Este instrumento por lo general son tubos largos que se pueden medir cada 24 horas o cada 212 horas, o más frecuentemente. Todo dependerá de quien este recogiendo las medidas y para qué se utilicen.

La medición se expresa en milímetros de agua y equivale al agua que se acumularía en una superficie horizontal e impermeable durante el tiempo que dure la precipitación o solo en una parte del periodo de la misma.



FIGURA 3 - Pluviómetro. Clima.com,

Fuente: Pelmorex Weather Networks 2022

CAPTACION DE AGUA LLUVIA

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola. En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación, entonces donde se producen altas precipitaciones se puede usar el agua lluvia como fuente de abastecimiento.

Para la captación del agua para uso agrícola se necesitan de mayores superficies de captación, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua.

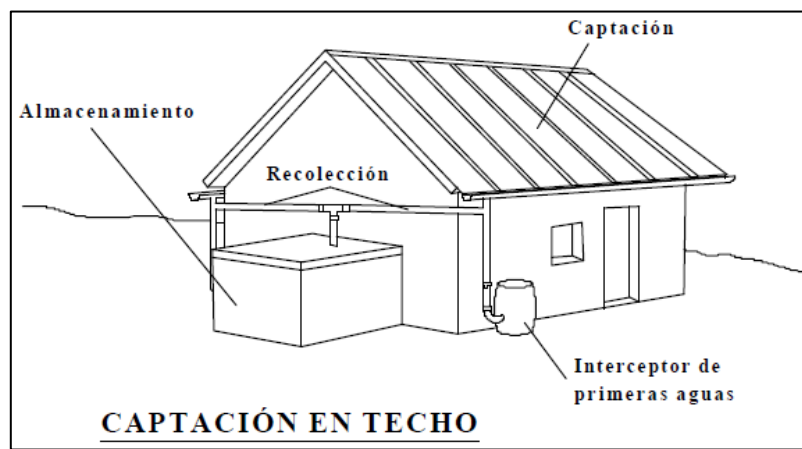


FIGURA 4 - Sistema de captación de agua pluvial en techos

Fuente: Guía de diseño para la captación de aguas lluvia

Componentes

- **Captación:** está conformado por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección.
- **Recolección y Conducción:** conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento, está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo
- **Almacenamiento:** Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para la necesidad a satisfacer, en especial durante el período de sequía.

MARCO NORMATIVO

- NCh3580 – 2019: Reutilización de aguas - Selección de sistemas de reutilización de aguas lluvias y aguas grises
- NCh3582 – 2018: Reutilización de agua residual de origen doméstico - Calidad estándar del agua regenerada para irrigación de áreas verdes
- NCh-ISO5667/6 - 2015: Calidad del agua - Muestreo - Parte 6: Guía para el muestreo de ríos y cursos de agua
- NCh-ISO5667/14 – 2015: Calidad de agua - Muestreo - Parte 14: Guía para la garantía de calidad y control de calidad de las muestras de agua del medioambiente y manejo
- NCh-ISO14046 – 2015: Gestión ambiental - Huella de agua - Principios, requisitos y directrices
- NCh-1105: Ingeniería sanitaria — Alcantarillado de aguas residuales — Diseño y cálculo de redes
- MINVU: Guía de diseño y especificaciones de elementos urbanos de infraestructura de aguas lluvias
- NCh2485 – 2000: instalaciones domiciliarias de agua potable-diseño calculo y requisitos de las redes interiores.

CAPÍTULO I: DESCRIBIR ANTECEDENTES CLIMÁTICOS Y AGRÍCOLAS
EN EL PREDIO LOS ROBLES

1. Ubicación del proyecto

La ubicación de este proyecto será en la comuna de Purranque, ubicada en la zona rural U-709, X Región de los lagos.



FIGURA 5 - Predio los robles

Fuente: Elaboración propia

El predio consta de un tamaño medio de 115 has, de las cuales actualmente la empresa cuenta con 56 Has plantadas de arándanos en funcionamiento. Además, la agrícola los robles produce y embala 600 toneladas de fruta propia.

El mayor mercado de los arándanos, sigue siendo el norteamericano, que concentró el 79,6% durante esta temporada equivalente a 55.643 toneladas.

En cuanto a la climatología, la comuna de Osorno posee una temporada templada la cual dura 3 meses, del 20 de diciembre al 18 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 21 °C. El mes más cálido del año en Osorno es enero, con una temperatura máxima promedio de 23 °C y mínima de 9 °C.

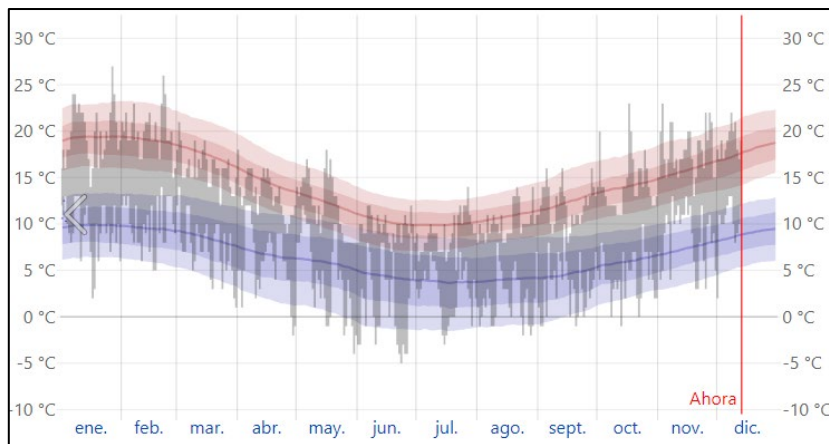


GRAFICO 1 - Datos históricos de temperatura en el Osorno en 2022

Fuente: Weather Spark

La temporada fresca dura 3,7 meses, del 20 de mayo al 12 de septiembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 13 °C. El mes más frío del año en Osorno es julio, con una temperatura mínima promedio de 3 °C y máxima de 11 °C.

En cuanto a las precipitaciones, se obtiene un promedio anual de 1591 mm caídos según CLIMATE DATA, como se mencionó anteriormente las lluvias se concentran en los meses más fríos del año siendo el periodo de abril a octubre el de mayor registro pluvial.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	16	16.1	13.8	11	9	7.2	6.4	7.1	8.2	9.9	11.8	14.1
Temperatura mín. (°C)	10.9	11.1	9.4	7.3	6	4.5	3.6	4	4.5	6	7.5	9.4
Temperatura máx. (°C)	21.5	21.9	19.1	15.6	12.8	10.5	9.9	11	12.6	14.4	16.3	19
Precipitación (mm)	42	45	70	119	203	250	232	220	137	120	82	71
Humedad(%)	66%	66%	74%	82%	86%	89%	87%	84%	82%	79%	75%	70%
Días lluviosos (días)	5	4	6	8	12	14	13	13	11	11	8	6
Horas de sol (horas)	8.8	8.2	6.9	5.4	4.4	3.7	3.9	4.4	5.3	5.8	6.6	7.8

Tabla 3 - Datos históricos del tiempo Osorno.

Fuente: CLIMATE DATA

2. Lugar de aplicación

La ubicación elegida para la aplicación de este proyecto es en el Predio Los Robles ya antes mencionado, el cual consta de dos galpones de cubierta de zinc con un total de 1087 m², muy aptos para la aplicación del sistema de recolección de agua lluvia.



FIGURA 6 – Área de captación de agua lluvia

Fuente: Elaboración propia

La finalidad de la implementación de este sistema de captación de aguas lluvias será la de abastecer de forma complementaria el riego de los cultivos en el predio, en conjunto con el sistema de abastecimiento principal que es el propio sistema de agua potable.

3. Necesidades de consumo

Tomando en cuenta datos proporcionados por estudios, el consumo promedio por planta en un predio de arándanos asciende a un valor que fluctúa entre 2 a 5 litros por planta al día en verano, esto según información proporcionada por agricultores de la zona, en el cual se consideran 3.300 plantas por hectárea según la Fundación para la Innovación Agraria del ministerio de agricultura. Además, se considera que dependiendo de la humedad del suelo el consumo de agua disminuye de 2 a 4 días de regadío por semana.

DATOS UTILIZADOS:

- **Consumo de agua al día:** 3,5 Litros por planta
- **Cantidad de plantas por hectárea:** 3.300 Plantas por hectárea
- **Cantidad de regadío a la semana:** 3 veces por semana
 - **Agua requerida para cultivar al día:** 11.550 Litros por hectárea al día
 - **Agua requerida para cultivar a la semana:** 34.650 Litros por hectárea a la semana
 - **Agua requerida para cultivar al mes:** 138.600 litros por hectárea al mes

De lo anterior podemos decir que en promedio el consumo de agua requerido para una hectárea de plantación de arándanos al mes es de 138.600 [L/ha/mes]



FIGURA 7 - Sistema Riego por goteo

Fuente: Netafim An Orbia Business

4. Cantidad de agua caída en la zona

Este proyecto tiene como objetivo fundamental el abastecimiento del consumo de una plantación de arándanos con agua de lluvia. Este sistema de captación puede llevarse a cabo, ya que según las precipitaciones de la zona es accesible poder recaudar una gran cantidad de agua lluvia para el propósito requerido.

De acuerdo con los datos entregados por el *reporte anual de la evolución del clima en Chile*, el promedio anual de precipitación más seco en la comuna de Osorno fue de 744,2 mm en lo que fue del año 2021 lo que nos deja con un déficit de -40.3% y lo normal anual es de 1235,5 mm al año 2022

Años	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	Superávit
2022	80.6	37.6	78.8	118.2	79.8	160.2	221.6	80.0	117.1	45.0	46.4	22.2	1065.3	-14.6%
2021	17.2	10.0	14.4	79.0	73.4	172.2	82.0	154.0	51.4	36.6	26.0	28.0	744.2	-40.3%
2020	31.2	39.8	33.0	99.0	107.6	279.2	250.2	110.6	56.0	37.6	44.0	48.4	1,136.6	-8.9%
2019	19.2	17.0	23.1	28.5	134.4	131.0	213.4	99.4	38.0	72.8	57.0	31.2	865.0	-30.7%
2018	25.7	11.5	179.6	125.4	132.3	142.9	93.0	214.9	170.5	86.9	75.7	58.0	1,316.4	+5.5%
2017	62.3	80.6	46.0	91.2	184.9	214.0	93.2	310.7	61.2	128.9	29.6	55.4	1,358.0	+8.9%
2016	26.4	31.3	32.0	79.5	75.5	14.7	119.4	160.1	78.5	98.8	37.3	77.2	830.7	-33.4%

Tabla 4 - Resumen histórico mensual anual

Fuente: Estación Cañal Bajo, Osorno Ad. (400009)

**CAPITULO II: DISEÑAR UN SISTEMA DE CAPTACIÓN,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUAS LLUVIA PARA EL
CULTIVO DE ARANDANO PARA EL FUNDO LOS ROBLES**

1. Determinación del área de captación

De acuerdo con lo presentado anteriormente se dispone a presentar un diseño sobre el techo de dos de los galpones existentes en el predio, los cuales nos generan **625 m²**.

Estos criterios de diseño están sujetos a la **GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA.** Orientada principalmente al caso que se está analizando.

1.1. Bases del diseño

Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años
- Tipo de material del que está construida la superficie de captación
- Demanda de agua.

1.2. Determinación de la demanda

A partir del consumo asumido por planta, se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades del predio en cada uno de los meses.

- Consumo de agua al día: 3,5 Litros por planta
- Cantidad de plantas por hectárea: 3.300 Plantas por hectárea

- Cantidad de regadío a la semana: 3 veces por semana
 - Agua requerida para cultivar al día: 11.550 Litros por hectárea al día
 - Agua requerida para cultivar a la semana: 34.650 Litros por hectárea a la semana
 - **Agua requerida para cultivar al mes: 138.600** litros por hectárea al mes

2. Determinación del volumen del tanque de abastecimiento

teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua.

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

- Ppi: precipitación promedio mensual (litros/m2)
- Ce: coeficiente de escorrentía
- Ac: área de captación (m2)
- Ai: Abastecimiento correspondiente al mes “i” (m3)

Año	Mes	Agua Caida Lt/m2	Coficiente de escorrentia	Area de ocupacion m2	Superávit	Oferta de lluvia m3
2022	1	80,6	0,9	1087		78,85098
2022	2	37,6	0,9	1087		36,78408
2022	3	78,8	0,9	1087		77,09004
2022	4	118,2	0,9	1087		115,63506
2022	5	79,8	0,9	1087		78,06834
2022	6	160,2	0,9	1087		156,72366
2022	7	221,6	0,9	1087		216,79128
2022	8	80	0,9	1087		78,264
2022	9	117,1	0,9	1087		114,55893
2022	10	45	0,9	1087		44,0235
2022	11	46,4	0,9	1087		45,39312
2022	12	22,2	0,9	1087		21,71826
total meses		1065,3			-14,6	1063,9013
Total Abril - Octubre						804,06477

Tabla 5 - Tabla de cálculo Agua lluvia ofertada

Fuente: Elaboración Propia

$$A_{abril} = \frac{118,2 \text{ lts}/\text{m}^2 \times 0,9 \times 1087\text{m}^2}{1000} = 115,63506\text{m}^3 = 115.635 \text{ Litros}$$

$$A_{mayo} = 78,06834 \text{ m}^3 = 78.068 \text{ Litros}$$

$$A_{junio} = 156,72366 \text{ m}^3 = 156.723 \text{ Litros}$$

$$A_{julio} = 216,79128 \text{ m}^3 = 216.791 \text{ Litros}$$

$$A_{agosto} = 78,264 \text{ m}^3 = 78.264 \text{ Litros}$$

$$A_{septiembre} = 114,55893 \text{ m}^3 = 114.558 \text{ Litros}$$

$$A_{octubre} = 44,0235 \text{ m}^3 = 44.023 \text{ Litros}$$

$$A_{TOTAL} = 804,06477 \text{ m}^3 = 804.064 \text{ Litros en un periodo de 7 meses}$$

Dado los resultados obtenidos en la ecuación anterior se concluye un total de 804.064 litros entre los meses de abril – Octubre del 2022, que corresponden a una superficie de regadío de 1 ha en un periodo de 3 meses restantes. Sin embargo, no se estima ocupar todos los litros de oferta, solo se almacenará para 3 meses de ocupación de riego los cuales recaen en 482.436 litros.

3. Selección de bomba

Para el proceso de selección de la bomba de circulación se había elegido una bomba centrífuga de alto caudal de 1 HP y con un caudal máximo de 100 l/min.



FIGURA 8 - Electrobomba centrífuga 1 HP 100 l/min

Fuente: Sodimac

Según el fabricante es una electrobomba ideal para el riego agrícola por su alto caudal de 100 [l/min].

4. Selección de filtro

Otro punto importante es un filtro de agua, este filtro tendrá la tarea de retener cualquier elemento que arrastre el caudal de captación a partir del tejado de los galpones, para así evitar que ingresen a la bomba y provoque algún daño en ella.

Se considera un Filtro de aguas pluviales autolimpiable, con una entrada de 100 mm de diámetro y dos salidas, una de 110 mm de diámetro y una de 50 mm de diámetro, con posibilidad de cambio del modo de funcionamiento para verano e invierno, instalado en bajada.



FIGURA 9 - Filtro agua pluvial para bajante redondo Gris o Marrón 100-110 mm

Fuente: tienda oceanis

5. Selección del programador

Para el programado de control de riego por goteo se determinó un Programador de Riego NODE 100 Con VALV PGV 101 1 estación, el cual de acuerdo a su especificación del fabricante se usa especialmente es zonas con restricciones eléctricas o zonas de goteo con necesidades especiales



FIGURA 10 - Programador de Riego NODE 100 Con VALV PGV 101 1 estación

Fuente: Diplas.cl

6. Diagrama de diseño y distribución agua lluvia

En el siguiente diagrama se señala la estructura del cauce del recurso hídrico desde la captación hasta los consumos.

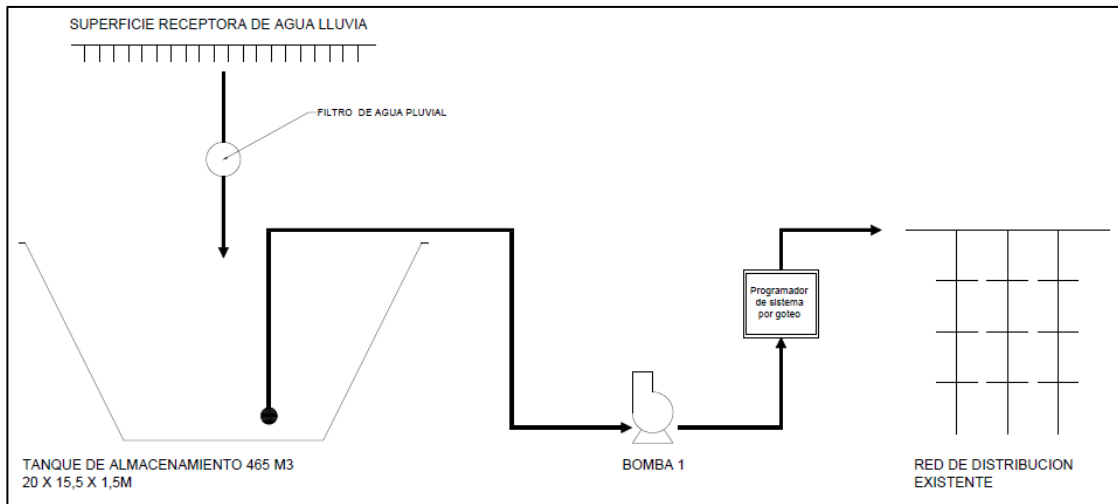


FIGURA 11 - Diagrama de red de distribución agua lluvia

Fuente: elaboración propia

**CAPITULO III: EL VALUAR ECONOMICAMENTE EL SISTEMA DE
CAPTACION DE AGUAS LLUVIA PARA EL FUNDO LOS ROBLES**

El estudio técnico consiste en analizar y verificar la factibilidad técnica de todos los aspectos del proyecto, para así confirmar que todo lo que se calculó y seleccionó en el capítulo anterior está correcto y pueda ser aplicado.

Por otra parte, la evaluación económica consiste en analizar los costos totales que abarca el proyecto en cuanto a materiales e instalaciones requiere.

Además de indagar en posibles ahorros en los costos, para este caso particular verificar cuánto es lo que se puede ahorrar en consumo de agua potable.

1. Tamaño del proyecto

El tamaño y capacidad del proyecto comprende tales características específicas en el diseño.

AREA A INTERVENIR	381 m2
CAPACIDAD DE ALMACENAJE	465.000 LITROS
CAUDAL DE BOMBEO	100 l/min
CAPACIDAD DE RETORNO EN MESES	5 meses
AREA DE OCUPACION	1 Hectarea
AREA DE CAPTACION	1087 m2

Tabla 6 - tamaño del proyecto

Fuente: elaboración propia

2. Bajadas de agua lluvia

Se contempla recibir el agua ofrecida en la zona mediando dos galpones existentes en el predio el cual como se mencionó en el capítulo anterior nos ofrece 804.064 litros en un periodo de 7 meses. Este diseño solo se diseñará para un almacenaje de 465.000 litros, el cual servirá para 3 meses de ocupación continua de riego por goteo

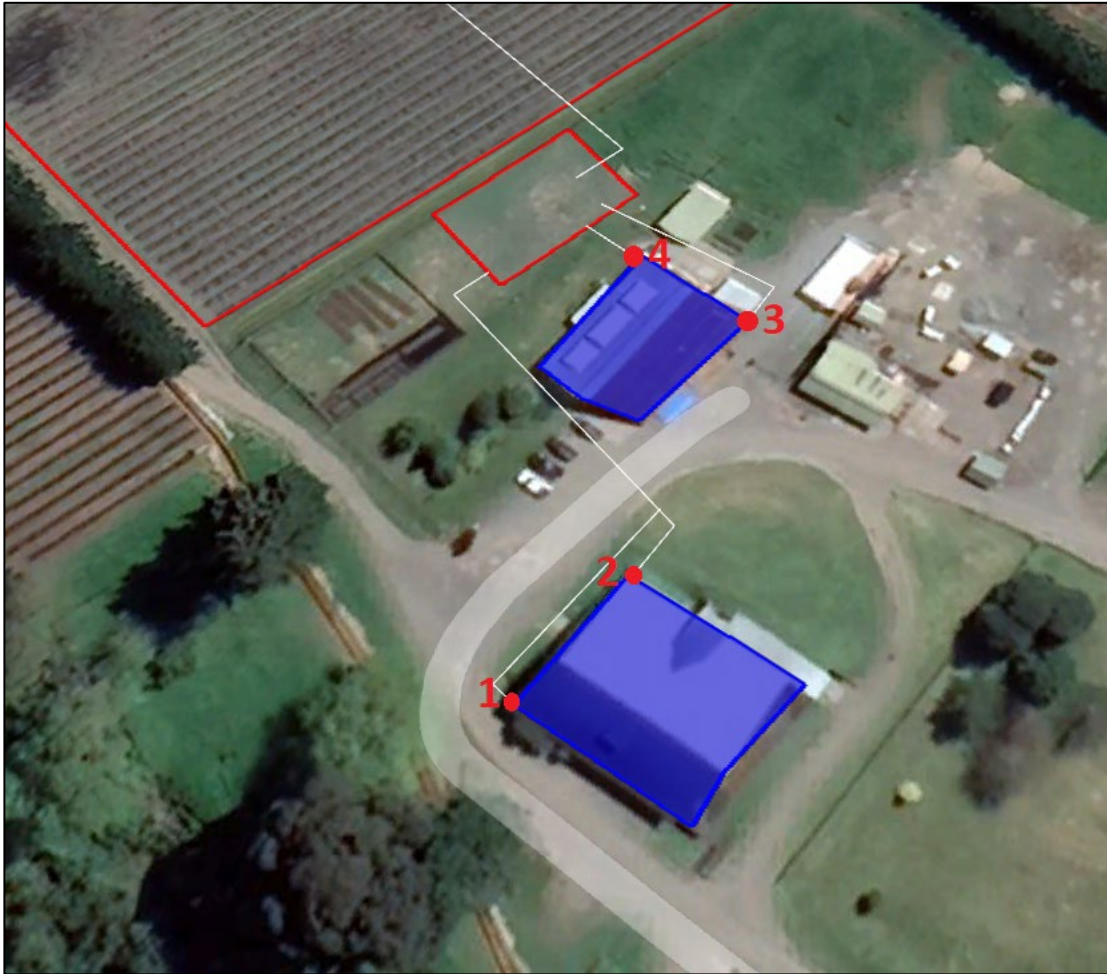


FIGURA 12 - distribución de bajada de agua lluvia

Fuente: Google earth

Se distribuyen 4 bajas para las 4 caras de los dos galpones, cada una independiente hacia la llegada del sector de acopio de las aguas lluvia como se muestra en la (figura 12). Todas con pendientes como mínimo de 1%, además de estas pasar por debajo del terreno existente.

3. Evaluación económica

3.1. Tanque de abastecimiento

El estanque es el primer receptor de aguas lluvias, su construcción es de acuerdo a como se presenta en su APU correspondiente. su capacidad volumétrica nominal es de 460.000 litros. El valor comercial depende de los m² que se requieran construir, ya que se trata de un embalse artificial construido con:

3.1.1. Geomembrana HDPE

Este tipo de geomembrana es la más utilizada, pues está presente en 95% de las aplicaciones. Está compuesta por polietileno de alta densidad (HDPE) y contiene antioxidantes que le brinda alta resistencia a los químicos y mejora significativamente su durabilidad.

Otra de sus principales características es su alta resistencia mecánica y a los rayos ultravioleta (UV), además de su bajo costo (en su presentación nominal) en comparación con otros tipos de geomembranas. Sin embargo, este geo sintético es menos flexible que los compuestos por polietileno lineal de baja densidad (LLDPE).



FIGURA 13 - Geomembrana HDPE

Fuente: Geomembranas.cl

Esta lámina suele utilizarse en:

3.1.1.1. Tranques de agua

La construcción de tranques de riego es una herramienta para combatir la escasez, especialmente cuando se utilizan junto al riego tecnificado, que obliga a regar más seguido. Los embalses o tranques permiten aplicar el agua disponible según los requerimientos del cultivo.

Este método constructivo para este proyecto representa un valor estimativo de \$ 3.715.273 según APU realizado como se muestra a continuación:

3.1.2. APU de excavación

Según se muestra en el APU el cual se representa en m³, se puede determinar el precio de la partida la cual tiene como excavación 465m³ en la zona que se muestra en la (figura 12). Luego multiplicando el precio unitario por los m³ a excavar nos deja un precio final de **\$ 1.834.425.**

Nº de ITEM	:						
Partida	:	Excavación y compactado					
Cantidad	:	1 M3					
Precio Unitario	\$	3.945					
<hr/>							
			UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL	TOTAL
1.- MATERIALES							
		Combustible equipos menores	Lt	0,1	\$ 700,	\$ 70	
		Guante de descame reforzado	Par	0,02	\$ 1.200,	\$ 24	
		Pala punta huevo	C/U	0,02	\$ 4.200,	\$ 84	
		Carretilla con rueda	C/U	0,008	\$ 38.000,	\$ 304	\$ 482
<hr/>							
2.- EQUIPOS MAQUINARIAS Y TRANSPORTE							
		Placa compactadora	Día	0,04	\$ 8.500,	\$ 340	
		Rodillo compactador doble tambor	Día	0,02	\$ 14.000,	\$ 280	
		Transporte	C/U	0,008	\$ 10.000,	\$ 80	
		Retroexcavadora	Hr	0,04	\$ 19.000,	\$ 760	
		Motoniveladora	Hr	0,012	\$ 22.900,	\$ 275	\$ 1.735
<hr/>							
3.- MANO DE OBRA							
		Jornalero	Día	0,064	\$ 15.500,	\$ 992	
		Supervisor	Día	0,008	\$ 25.000,	\$ 200	
		Leyes Sociales (45%)				\$ 536	\$ 1.728
<hr/>							
4.- VARIOS							
		** Sin Ítems **		0	\$ 0,	\$ 0	0
						COSTO DIRECTO UNITARIO NETO PARTIDA:	\$ 3.945
						PRECIO UNITARIO NETO PARTIDA	\$ 3.945

3.1.3. APU de imprimación de embalse con geotextil

Según se muestra en el APU el cual se representa en m², se puede determinar el precio de la partida la cual tiene como excavación 416,5m² (figura 13) la cual al multiplicarse el precio unitario con los m² a ocupar deja como precio final \$ **1.880.848**.

Nº de ITEM	:						
Partida	:	Imprimación de balsa o pequeño embalse, con geotextil y geomembrana.					
Cantidad	:	1 M2					
Precio Unitario	\$	4.516					
<hr/>							
		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL	TOTAL	
1.- MATERIALES							
	Geotextil no tejido	m2	1,1	\$ 1.400	\$ 1.540		
						\$	1.540
2.- EQUIPOS MAQUINARIAS Y TRANSPORTE							
	Herramientas		2%	\$ 13.368,27	\$ 267		
						\$	267
3.- MANO DE OBRA							
	Maestro 1º aplicador de membranas impermeabilizantes.	h	0,196	\$ 5.466,67	\$ 1.071		
	Ayudante aplicador de membranas impermeabilizantes.	h	0,196	\$ 4.063,51	\$ 796		
	Leyes Sociales (45%)				\$ 841	\$	2.708
4.- VARIOS							
	** Sin Items **		0	\$ 0,	\$ 0	\$	0
						COSTO DIRECTO UNITARIO NETO PARTIDA:	\$ 4.516
						PRECIO UNITARIO NETO PARTIDA	\$ 4.516

3.2. Filtro de aguas pluviales autolimpiable.

Para el APU de filtro se contemplaron 4 unidades (figura 12) uno por cada cara de los galpones a ocupar la cual represento un precio unitario de **\$ 30.879** por lo cual se deben contemplar 4 lo cual nos deja un valor de partida final de **\$123.514**

N° de ITEM	:						
Partida	Filtro de aguas pluviales autolimpiable						
Cantidad	und						
Precio Unitario	\$ 30.879						
		UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL	TOTAL	
1.- MATERIALES							
	Filtro de aguas pluviales autolimpiable	und	1	\$ 26.481	\$ 26.481		
						\$ 26.481	
2.- EQUIPOS MAQUINARIAS Y TRANSPORTE							
	Herramientas		2%	\$ 29.112,42	\$ 582		
						\$ 582	
3.- MANO DE OBRA							
	Maestro 1° gasfitero.	h	0,227	\$ 6.716,93	\$ 1.525		
	Ayudante gasfitero.	h	0,227	\$ 4.873,24	\$ 1.106		
	Leyes Sociales (45%)				\$ 1.184	\$ 3.815	
4.- VARIOS							
	** Sin Items **		0	\$ 0,	\$ 0	\$ 0	
					COSTO DIRECTO UNITARIO NETO PARTIDA: \$ 30.879		
					PRECIO UNITARIO NETO PARTIDA \$ 30.879		

3.3. Estación de riego por goteo

En la estación total se contemplo Programador de Riego NODE 100 Con VALV PGV 101 1 estación (figura 10), como se muestra en el capítulo anterior. Esta partida deja como precio unitario y además de partida de **\$ 158.375**, ya que se trata solo de una unidad por regadio.

N° de ITEM	:							
Partida	estacion de control de riego por goteo							
Cantidad	und							
Precio Unitario	\$	158.375						
<hr/>								
			UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL	TOTAL	
1.- MATERIALES								
			und	1	\$ 136.553	\$ 136.553		
							\$ 136.553	
<hr/>								
2.- EQUIPOS MAQUINARIAS Y TRANSPORTE								
Herramientas				2%	\$ 136.553	\$ 2.731		
							\$ 2.731	
<hr/>								
3.- MANO DE OBRA								
Maestro 1º gasfitero.			h	1,136	\$ 6.716,93	\$ 7.630		
Ayudante gasfitero.			h	1,136	\$ 4.873,24	\$ 5.536		
Leyes Sociales (45%)						\$ 5.925	\$ 19.091	
<hr/>								
4.- VARIOS								
** Sin Items **				0	\$ 0,	\$ 0	\$ 0	
						COSTO DIRECTO UNITARIO NETO PARTIDA: \$ 158.375		
						PRECIO UNITARIO NETO PARTIDA \$ 158.375		

3.6. Retorno de inversión

Tomando en consideración los aspectos económicos es importante determinar la tasa de retorno de la inversión hecha en este proyecto. Para este caso se calculará el retorno en meses, ya que de acuerdo a el consumo por mes de cada hectárea de plantación de arándanos se tiene por \$545.597, esta cifra al llegar al mes 14,5 se eleva a \$7.911.150 llegando a superar la inversión inicial del proyecto.

Teniendo en cuenta que se recauda en 7 meses para un aprovechamiento de 5 meses siguientes este proyecto tiene retorno de 3 años.

Valor agua zona predio	\$3.393		
Gasto diario/planta	3,5 lts		0,0035 m3/planta
Plantas/hectarea	3300 plantas		
Meses de captacion	7 meses		
Meses de ocupacion	5 meses		
GASTO MENSUAL POR HECTAREA	160.812 lts/ha		160,812 m3/ha
GASTO POR TEMPORADA (5 MESES)	804.060 lts		804,06 m3/temporada
GASTO MESES NOV - MARZO			\$2.727.983 CLP

FIGURA 14 - Tabla de consumo de agua potable por hectárea

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIÓN

De acuerdo a la situación presentada, se puede demostrar que el uso y aprovechamiento de aguas lluvias se está convirtiendo en una gran alternativa no común, que permite reducir el impacto causado en las fuentes de abastecimiento convencionales.

A partir de esto se concluye que el diseño creado de recolección, almacenamiento y distribución de agua lluvia, brinda una solución sostenible para la agricultura en específico en el cultivo de arándanos como se demuestra en los capítulos expuestos, ya que, si bien el periodo de retorno es de 3 años, el presupuesto inicial para llevar a cabo este modelo es bajo.

En cuanto a la recolección, se está obteniendo el volumen total demandado para el uso determinado, esto se debe a que el área de recolección es lo suficientemente amplia para obtener basta cantidad de recolección de agua lluvia en consideración para suplir la necesidad requerida, no obstante, este diseño se puede ampliar y mejorar para así tener un mayor desempeño de ahorro de agua potable.

Esto se debe a que el terreno donde se emplea este diseño cuenta con basta zona despejada y plana para posibles nuevos embalses. Por otra parte, se recomienda realizar estudios o análisis detallados a la calidad del agua pluvial con el fin de afianzar la implementación de este proyecto y evaluar otros métodos en los cuales pueda ser aprovechada.

Para proyectos futuros basados en este mismo filtro se recomienda hacer ensayos y procedimientos de potabilización para tener usos más complejos del agua lluvia recolectada, esto permitiendo dar una segunda oportunidad a las fuentes hídricas sobre explotadas.

BIBLIOGRAFÍA

- FICHA DE VALORIZACIÓN DE RESULTADOS, CULTIVO DE ARANDANOS EN LA VII REGIÓN DEL BIO BIO (2007) – Fundación para la innovación agraria ministerio de agricultura
- GUIA DE DISEÑO PARA LA CAPTACION DEL AGUA DE LLUVIA - Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural
- ANÁLISIS DE MERCADOS DE DERECHOS DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS EN CHILE - Ministerio de obras públicas dirección general de aguas unidad de organizaciones de usuarios y eficiencia hídrica
- GESTION DEL AGUA - Atlas del Agua - Chile 2016
- LA HUELLA HÍDRICA AGRÍCOLA DE CHILE - Departamento de Economía Agraria.
- MANEJO DE AGUA Y RIEGO DE ARÁNDANOS – Revista fruticola
- INFORME SEMANAL HIDROMETEREOLOGICO – Dirección general de aguas Ministerio de obras publicas
- INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA, FLUVIOMÉTRICA, ESTADO DE EMBALSES Y AGUAS SUBTERRÁNEAS – Dirección general de aguas Ministerio de obras publicas

- TARIFAS VIGENTES ESSAL OSORNO – ESSAL OSORNODISTRIBUIDORA DE AGUA POTABLE Y ALCANARILLADO
- INFORME CLIMATICO DIARIO NACIONAL ESTACION CAÑAL BAJO
– Estación cañal bajo
- PRECIPITACIONES AÑO 2022 – Estación cañal bajo
<https://climatologia.meteochile.gob.cl/application/historico/aguaCaidaHistoricaMensual/400009>
- GEOMEMBRANAS - <https://www.geomembranas.cl/>