



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**SISTEMA DE COSECHA DE AGUA
DE LLUVIA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RIEGO
EN LA FINCA NAZARENO,
TINAQUILLO, EDO. COJEDES.**

Autores:

Arévalo Gustavo C.I 23.604.507

López Loísef C.I 25.126.036

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

**SISTEMA DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RIEGO EN LA FINCA NAZARENO,
TINAQUILLO, EDO. COJEDES.**

**Proyecto del Trabajo de Grado para optar al título de
INGENIERO CIVIL.**

Autores:

Arévalo Gustavo C.I 23.604.507

López Loísef C.I 25.126.036

Tutora:

Ing. Emerly Castillo

San Diego, febrero 2020



FIL -014-2020-ICR (IG)

Valencia, 15 de junio de 2020

Ciudadanos:

Arevalo J., Gustavo J.

23.604.507

López B., Loisef G..

25.126.036

Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 03-2020 de fecha 12-02-2020 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado *SISTEMA DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RIEGO EN LA FINCA NAZARENO, TINAQUILLO, EDO. COJEDES* presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero Civil.

Se ratifica la designación de la Ing. Emerly Castillo C.I: 4.464.524 como Tutora Académica que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,



Prof. Luis Lira

Decano de la Facultad de Ingeniería

c.c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/a.a.




REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA.
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
ESCUELA DE CIVIL

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Emerly Castillo, portador de la cédula de identidad N° 4.464.524, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los ciudadanos Arévalo J. Gustavo J., portador de la cédula de identidad N° 23.604.507, y López B. Loisef G., portador de la cédula de identidad N° 25.126.036, titulado "SISTEMA DE COSECHA DE AGUAS DE LLUVIA PARA EL APROVECHAMIENTO EN RIEGO EN LA FINCA NAZARENO TINAQUILLO, EDO. COJEDES" presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, febrero del año 2020.


Ing. Emerly Castillo
C.I.: 4.464.524



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

San Diego, febrero de 2020

ACTA DE REVISIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

Quienes suscriben esta Acta, dejan constancia que el Proyecto de Trabajo de Grado: **SISTEMA DE COSECHA DE AGUAS DE LLUVIA PARA EL APROVECHAMIENTO EN RIEGO EN LA FINCA NAZARENO TINAQUILLO, EDO. COJEDES** ha sido revisado y, cumpliendo con los requisitos exigidos para su aprobación, recomiendan su tramitación ante el organismo académico correspondiente.

Nombre Tutor Académico

Ing. Emerly Castillo

Firma

Fecha

07-02-2020

Nombre Tutor Metodológico

Ing. Alicia de Pizzella

Firma

Fecha

10-2-20

DEDICATORIA

*A mi mamá, papá, abuela, Argemar, mi hijo, mis amigos, mi compañera.
Por apoyarme en los momentos más difíciles, gracias.*

Gustavo

*A Dios, por acompañarme y guiarme a lo largo de mi vida.
A toda mi familia, soy afortunada de tenerlos.
A mi tutora y todos mis profesores, porque me enseñaron más que asignaturas.
A mi compañero, por tan buen equipo.
A Rafael por sus tips, para entregar un gran trabajo.
Gracias, es un logro de todos.*

Loisef

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

CONTENIDO	Pág
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO

I EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Formulación del problema	6
1.3. Objetivo General	6
1.4. Objetivos Específicos.....	6
1.5. Justificación.....	7
1.6. Alcance.....	8
1.7. Limitaciones.....	9

II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes	10
2.2. Bases Teóricas.....	11
2.2.1. Descripción de la zona en estudio.....	12
2.2.2. Sistemas de cosecha de agua.....	12
2.2.3. Tipos de proyectos de aprovechamiento	13
2.2.3.1. Técnicas aplicadas en las estructuras de construcción	14
2.2.3.2. Cosecha de agua aprovechando las pendientes existentes	17
2.2.4. Captación de aguas de lluvia.....	19
2.2.5. Componentes de los sistemas de captación de aguas de lluvia	20
2.2.5.1. Área de captación.....	20
2.2.5.2. Recolección y conducción.....	21

2.2.5.3. Interceptor	22
2.2.5.4. Almacenamiento de agua de lluvia.....	23
2.2.6. Clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia.....	24
2.2.6.1. Sistemas para uso humano	25
2.2.6.2. Sistema para uso agrícola y ganadero	25
2.2.6.3. Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.....	26
2.2.6.4. Captación de aguas de niebla.....	27
2.2.7. Variables hidrológicas a considerar en el diseño de captación de aguas ..	27
2.2.7.1. La precipitación.....	27
2.2.7.2. La infiltración.....	29
2.2.7.3. Caudal.....	30
2.2.7.4. Evaporación.....	30
2.2.7.5. Evapotranspiración.....	31
2.2.7.6. Humedad del aire.....	31
2.2.8. Balance Hídrico.....	31
2.2.9. Disponibilidad de agua.....	32
2.2.10. Riego.....	33
2.2.10.1. Tipos de riego.....	34
2.2.11. Fase agronómica.....	41
2.2.12. Fase hidráulica	43
2.2.13. Desarrollo sustentable	46
2.2.14. Impacto ambiental.....	48
2.3. Bases legales	49
2.4. Definición de términos.....	50

III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación	52
3.2. Diseño de investigación.....	52
3.3. Nivel de la investigación.....	53
3.4. Población y muestra	54

3.5. Técnica e instrumentación para recolección de datos.....	54
3.6. Instrumentos de recolección de datos	56
3.7. Técnicas de análisis de resultados	56
3.8. Fases de la investigación.....	57

IV RESULTADOS

4.1. Fase I. Diagnóstico de la situación hidrológica actual de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.....	59
4.1.1. Localización del proyecto.....	59
4.1.1.1. Ubicación político territorial.....	59
4.1.1.2. Linderos del terreno.....	60
4.1.2. Altitud y clasificación climática.....	60
4.1.3. Precipitación.....	60
4.1.4. Situación hidrológica.....	62
4.1.4.1. Disponibilidad de agua.....	62
4.1.4.2. Demanda de agua en la finca.....	63
4.2. Fase II. Descripción de técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas.....	73
4.3. Fase III. Diseño del sistema de aprovechamiento a través de la cosecha de aguas de lluvia para el riego de cultivo en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.....	75
4.3.1. Cosecha de agua de techos de vivienda.....	76
4.3.2. Cálculo del almacenamiento por el método de microcaptación.....	81
4.4. Fase IV. Estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad.....	102

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....110
Recomendaciones.....112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....114

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

FIGURA	Pág
1. Finca Nazareno de Tinaquillo Edo Cojedes.....	6
2. Cosecha de agua usando los techos en lugares aplicables	15
3. Cosecha de agua aprovechando los techos usando materiales existentes	15
4. Tanque de agua hecho a mano	16
5. Tanque de agua hecho a mano parte 2	16
6. Sistema tipo cerchas.....	17
7. Cosecha de agua aprovechando las pendientes existentes con reservorio	17
8. Ejemplo de aplicación.....	18
9. Cosecha de agua aprovechandolas pendientes existentes con tanque de agua	18
10. Otras técnicas aplicadas en la microcuenca	19
11. Disponibilidad del agua	32
12. Tinaquillo, Estados Cojedes.....	59
13. Altitud en Tinaquillo, Estados Cojedes.....	60
14. Tabla No 7 Gaceta 4044 Normas Sanitarias de Venezuela.....	63
15. Área de construcción de vivienda Finca Nazareno.....	64
16. Tabla No 10 Gaceta 4044 Normas Sanitarias de Venezuela.....	64
17. Sistema típico de captación de agua lluvia en techos.....	76
18. Finca Nazareno, área destinada a la cosecha.....	77
19. Coeficiente de esorrentía para techos según su material.....	77
20. Modelos dde tanques.....	79
21. Curvas de Intensidad de lluvia.....	80
22. Finca Nazareno con curvas de nivel.....	82
23. Punto de concentración del terreno en la Finca Nazareno.....	83
24. Suelo de la Finca Nazareno.....	84
25. Método de Prevert.....	84
26. Borde inferior para un aliviadero.....	90
27. Detalle de un aliviadero.....	90

28. Redes de tuberías.....	94
29. Gotero en línea 4 L/H ABD Agro.....	96
30. Recorrido de tuberías.....	98
31. Filtro De Agua Riego Agrícola	102
32. Bomba seleccionada.....	102
33. Ejemplo de estanque con geomembrana.....	105

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO

CUADROS	Pág
1 Probabilidades de precipitación diaria.....	61
2 Lluvia promedio.....	61
3 Resumen de precipitación mensual.....	62
4 Dotación destinada a animales.....	65
5 Factor Kc del cultivo.....	66
6 Obtención de Eto.....	67
7 Requerimiento de agua.....	67
8 Requerimiento de agua para el maíz.....	68
9 Requerimiento de agua para la yuca.....	69
10 Requerimiento de agua para el aguacate.....	69
11 Requerimiento de agua para el plátano.....	70
12 Tiempo de duración.....	71
13 Requerimiento de agua para el maíz	72
14 Requerimiento de agua para la yuca	73
15 Agua de lluvia captada en los techos del galón A1 y A2.....	78
16 Tamaño de canales.....	81
17 Agua obtenida por Microcaptación.....	85
18 Evaporación media de lagos y embalses.....	86
19 Requerimiento máximo de agua para cultivos.....	87
20 Dimensiones del estanque de almacenamiento.....	88
21 Volumen de agua en función del cultivo.....	89
22 Verificación del estanque propuesto.....	89
23 Comparación de sistemas de riego, dos variables.....	91
24 Comparación de sistemas de riego, tres variables.....	92
25 Sistemas de riego, indicadores de sostenibilidad.....	93
26 Longitud de tuberías.....	95
27 Cantidad de caudal por zona.....	95
28 Diámetro de tuberías portagotos.....	97
29 Pérdidas por Hazen-Williams.....	98
30 Coeficiente de accesorios.....	99

31	Pérdida de presión en accesorios.....	100
32	Cálculo de potencia de la bomba requerida.....	100
33	Requerimiento de agua en litros por cultivo.....	100
34	Tiempo de bombeo.....	101
35	Características de bomba seleccionada.....	101
36	Lista de materiales para el sistema de techos.....	105
37	Lista de materiales para el estanque.....	105
38	Lista de materiales para el sistema de riego.....	106
39	Costos de materiales para el sistema de techo.....	107
40	Costos de materiales y construcción del estanque	108
41	Costos del sistema de riego.....	109



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE CIVIL

**SISTEMA DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL RIEGO EN LA FINCA NAZARENO,
TINAQUILLO, EDO. COJEDES.**

Autores:

Arévalo Gustavo C.I 23.604.507

López Loísef C.I 25.126.036

Tutora: Ing. Emerly Castillo

Fecha: febrero, 2020.

RESUMEN

La ejecución del presente estudio tuvo por objetivo proponer un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo Edo Cojedes. La metodología se fundamentó en un proyecto factible con un diseño de campo y un nivel descriptivo, tomando como población y muestra a los propietarios. Se emplearon las técnicas de observación directa, revisión documental, revisión bibliográfica y encuestas, utilizando como instrumento el cuestionario. Una vez analizados los datos los resultados evidencian que la finca presenta una situación hidrológica de demanda constante, por lo cual se describieron las técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas. Con base en ellas, se diseñó un sistema basado en los métodos de cosecha de agua de techos y microcaptación mediante la construcción de un estanque cuadrado de corte transversal y longitudinal en forma de trapecio, que alimenta el sistema de riego por goteo. Se concluye que el sistema propuesto es factible desde sus perspectivas ambiental, técnica y económica en el marco de la sostenibilidad para atender la demanda de los cultivos. Por ello, se recomendó presentar el sistema a los propietarios en pro de su implementación en el corto plazo.

Descriptor: cosecha de agua de lluvia, aprovechamiento del riego.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se percibe cada vez con mayor intensidad, sus efectos se sienten en los distintos aspectos de la vida cotidiana. Antes se disponía de agua en abundancia para el trabajo agrícola, para el uso humano, para los animales y otras actividades; sin embargo, hoy se observa que el agua es cada vez más escasa y ésta situación se torna más crítica. En cualquiera de sus estados, el agua dulce y salada es uno de los recursos fundamentales sobre los que se basa el desarrollo de la sociedad. A medida que el clima se ve alterado, también lo hace el agua y su implicación con los organismos vivos. Los mares, que cubren aproximadamente el 70% de la tierra, absorben tal cantidad de CO₂ y energía del sol que la química y la temperatura del agua están poniendo en peligro muchos organismos.

De este mismo modo, el cambio climático influye en la calidad del agua para el consumo humano, dificultando y desequilibrando aún más el acceso a este recurso vital en el mundo. Además, según diferentes previsiones basadas en el crecimiento humano se espera que en el 2050 la demanda de agua haya aumentado un 55%, así que racionalizar su consumo se vuelve cada vez más esencial, ante la ocurrencia de fenómenos como sequías, inundaciones o tormentas, cambios extremos que afectan a población, fauna y flora.

Dentro de este contexto, diversos países latinoamericanos como Chile, Colombia, México y Perú, han tomado mayor conciencia respecto a la importancia del agua, según las tendencias globales, ya que sin agua no habría vida, por lo que han propuesto soluciones, entre las que se encuentra la Siembra y Cosecha del Agua (SyCA), que consiste en una serie de procedimientos ancestrales con los que el hombre recolecta e infiltra (siembra) el agua de lluvia y de escorrentía (subterránea, superficial e hipodérmica) en el subsuelo para poder capturarla (cosecharla) tiempo después. Esta forma de manejo del agua ha permitido que las zonas de regadío históricas de Iberoamérica, donde se ha hecho SyCA, hayan podido superar los drásticos cambios climáticos y culturales acaecidos durante los últimos siglos.

En el caso de Venezuela, sus características climatológicas determinan la presencia de períodos de sequía y lluvia que obligan a generar grandes reservas de agua necesarias para cubrir los períodos de verano, por lo que el país tiene 81 grandes embalses, sin incluir los diseñados para generación eléctrica. La mayoría tienen usos múltiples (abastecimiento, control de inundaciones, riego o recreación), construidos bajo planes de desarrollo sostenible lamentablemente abandonados. Dentro de las dinámicas de períodos de sequías y lluvias, se encuentra la población de Tinaquillo en el Estado Cojedes, la cual es una zona de referencia en la región central del país debido a la proyección de sus sectores agropecuario, minero y en menor grado, turístico (FUDECO, 2004). Su principal fuente de abastecimiento hídrico es un acueducto con una derivación lateral emplazada en el río Tirgua a la altura del sector Las Mercedes y 11 pozos profundos distribuidos por el municipio; El agua extraída del río, es acondicionada en la planta de potabilización Las Mercedes, que tiene una capacidad instalada de 825 litros/seg.

Se estima que el consumo hídrico promedio de Tinaquillo es de 114.4 litros/hab./día (INE, 2007), lo cual presenta una tendencia a su incremento en función del crecimiento poblacional e industrial en esta zona, lo cual podría determinar un notable déficit hídrico, que se agudiza durante la temporada seca (Diciembre-Marzo), pues la demanda hídrica supera la oferta disponible resultando necesario aplicar programas de racionamiento que crean malestar social.

En atención a ello, la presente investigación tiene por objetivo proponer un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, con la finalidad de incrementar la cantidad de agua para sus cultivos. El presente documento, contiene aspectos referentes al estudio por lo cual se encuentra estructurado en capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I. El Problema: detalla el planteamiento del problema, formulación del problema, el objetivo general, los objetivos específicos, la justificación y alcance

Capitulo II. Marco Teórico: contiene los antecedentes de investigación, bases teóricas, bases legales, la definición de los términos básicos utilizados.

Capítulo III. Marco Metodológico: especifica el tipo, diseño y nivel de investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos, las técnicas de análisis y las fases de investigación.

Capitulo IV. Resultados: expone los resultados obtenidos por cada objetivo específico, detallando los hallazgos más significativos.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones en función a los resultados obtenidos mediante la aplicación de las fases de investigación. Así mismo, se presentan las referencias consultadas y los anexos que complementan el contenido.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La escasez de agua afecta a más de 40% de la población mundial. El agua es uno de los recursos naturales más importantes para la humanidad y los demás seres vivos del planeta, pues ninguna actividad puede desarrollarse sin ella, hoy en día la sociedad enfrenta graves y complejos problemas relacionados con el agua. La contaminación, deforestación y la sobreexplotación de los acuíferos ha mermado las reservas abastecedoras del elemento líquido en muchos lugares del mundo.

La agricultura representa el 70% del total de las extracciones de agua dulce y más del 90% en los países menos desarrollados, según la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Se evidencia la necesidad de recuperar el recurso hídrico producido por las precipitaciones pluviales para su aprovechamiento.

En Venezuela el abastecimiento de agua no es uniformemente continuo y con frecuencia no llega a satisfacer las normas básicas de calidad para el agua potable. Por ejemplo, los usuarios pobres de los barrios urbanos del centro de Venezuela, con frecuencia pagan el equivalente aproximado de 1 dólar 90 centavos por m³ de agua comprada de un camión cisterna, una tarifa mucho mayor que la tarifa que aplica al agua proveniente de la red.

Particularmente en Cojedes, la instalación y uso del sistema de aprovisionamiento de agua potable denominado acueducto es de tardía incorporación, pues anteriormente las poblaciones obtenían su suministro de agua directamente de los cursos de agua inmediatos (ríos y quebradas), uso de aljibes o pozos. En este estado se encuentra la población de Tinaquillo, la cual a pesar de ser industrializada tiene como principal fuente de abastecimiento hídrico es el río Tirgua, el cual surte un acueducto a través de una derivación lateral emplazada en el sector Las Mercedes. Adicionalmente, existen algunos pozos profundos que surten pequeñas comunidades

dentro del municipio. Durante la temporada seca, la oferta hídrica global no satisface la demanda hídrica poblacional.

Con respecto al recurso hídrico como tal, la presión existente sobre él se enfoca principalmente en la demanda actual y la calidad del mismo, factores que aumentan con el crecimiento poblacional, impidiendo que haya un alta disponibilidad del agua en las fuentes de extracción (superficiales, en la mayoría de los casos) y lo que genera conflictos entre las mismas poblaciones por el recurso. Este conflicto se ve acentuado especialmente en la finca Nazareno (Ver figura 1), ubicada en el sector Los manantiales, zona rural, Tinaquillo, Edo. Cojedes, no posee suministro de agua por acueductos, la zona de abastecimiento natural más cercana está a 0.88 km y el sistema de acueductos a 1,5 km de la finca, su alternativa de abastecimiento del vital líquido fue a través de la creación de pozos profundos, actualmente cuenta con dos pozos y un aljibe, la cual usan para el riego de siembra, quehaceres y ganadería. Sin embargo, desde el 2017 ha disminuido la siembra debido al insuficiente abastecimiento para el área agrícola, decayendo de 4 siembras al año (de maíz, plátano, yuca, aguacate, coco y limón) a 1 siembra hasta el 2019, siendo este un impedimento para el crecimiento económico, si no se resuelve lo más pronto, traería consigo tierras ociosas y el declive su economía personal.

El derecho al agua es un derecho vital porque el agua ocupa un lugar fundamental en la vida cotidiana y en el entorno de todo ser humano, adulto o niño. El derecho al agua implica el derecho a un agua de calidad en cantidad suficiente y el derecho a unos medios de saneamiento adecuados para prevenir enfermedades y preservar así la calidad de los recursos hídricos. En atención a estos argumentos, se planteó desarrollar una investigación con el propósito de proponer un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo Edo Cojedes, a fin de documentar la factibilidad de su implementación para solventar en el corto plazo las situaciones identificadas.



Figura 1 Finca Nazareno

Fuente: Arévalo y López (Google Earth).

1.2 Formulación del problema

¿Cómo se puede aprovechar las aguas de lluvia para el riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes?

1.3 Objetivo general

Proponer un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo Edo Cojedes.

1.4 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación hidrológica actual de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.
- Describir las técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas.
- Diseñar un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo Cojedes.
- Realizar un estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad.

1.5 Justificación

El desequilibrio existente entre el volumen de agua dulce disponible y la demanda de la misma no sólo han llevado a escasez de agua sino también a otros serios problemas como por ejemplo la disminución de las reservas de aguas subterráneas, su contaminación y el deterioro general de los recursos. Más allá del impacto del crecimiento de la población, la demanda de agua dulce ha estado aumentando en respuesta al desarrollo industrial, la dependencia creciente en la agricultura de regadío, la urbanización masiva y la tendencia a tener niveles de vida más altos se hace necesaria la creación de un sistema alternativo al ya existente en el cual se pueda aprovechar los recursos que brinda la naturaleza, específicamente la lluvia. En condiciones de escasez de agua, el riego, sea artesanal o tecnificado, en pequeña o gran escala, constituye siempre una técnica alternativa deseable. Sin embargo, suele ser una fuente significativa de pérdida de agua.

El presente estudio se justifica desde su intención teórica en documentar los sistemas de cosecha de agua según los argumentos y posiciones teóricas de autores como Chalco (2016), Carvajal (2015), Guzmán y Rodríguez (2006) para compilarlos y generar una propuesta ajustada a las características y condiciones de la finca objeto de estudio, para generar un documento de referencia y determinar su factibilidad de implementación.

Desde la concepción metodológica se plantea desarrollar una estrategia para la recolección y el análisis de los datos de la realidad objeto de estudio mediante una investigación de campo, tipo proyecto factible para la aplicar técnicas e instrumentos seleccionados.

En cuanto al aporte práctico se suministrara a la finca un sistema de cosecha de agua de lluvia y que uso tendrá, presentando el estudio de factibilidad desde las dimensiones ambiental, económica y técnica. Así mismo se suministra un documento de referencia para posteriores investigaciones. La relevancia social la importancia de documentar las aplicaciones de los sistemas de cosechas busca beneficiar a las comunidades que afrontan problemas de suministro hídrico. Su aporte contemporáneo

se documenta la factibilidad de desarrollar estos sistemas de cosecha de agua de lluvia a nivel nacional.

En este orden de ideas, se justifica realizar un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, dada la necesidad de la agricultura de permanecer en lugares en donde se requiere un riego constante y controlado para que la cosecha no perezca, seleccionando el método y control eficiente de cosecha de agua, dando como resultado un rendimiento estable y uniforme a lo largo de los años.

Ser conscientes de eso trae consigo no sólo ahorros de los elevados costos por el consumo de agua, también beneficiarán tanto al ser humano como al ambiente, disminuyendo el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales debido al aumento de las actividades antropogénicas que ponen en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas. Y dichas actividades se ven acentuadas por el deseo de crecimiento que existe en los países en desarrollo. Aprovechar el agua que pueda ser obtenida por medio de lluvia para mejorar la producción de cultivos, árboles y pastizales en zonas áridas y semiáridas, en vez de la utilización de agua destinada para consumo del ser humano es lo que se busca, ya que el problema que se presenta radica en la falta de agua, la escasez del recurso hídrico en la zona, así como la conciencia ambiental. Si no hay agua, no hay siembra, y a su vez no se puede suplir la demanda de seguridad alimentaria y de bienestar socioeconómico.

1.6 Alcance

Este proyecto se desarrolla en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes para suplir la demanda de riego en la parte de agricultura mediante la cosecha de agua. En función de ello su alcance circunda:

- El diagnóstico de la situación hidrológica actual de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.
- La descripción de las técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas.

- El diseño del sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo Cojedes.
- El estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad.

1.7 Limitaciones

Algunas limitaciones que presenta el proyecto es la distancia del sitio de estudio, la escasa información en cuanto a estación meteorológica debido a la falta de mantenimiento o falta de equipos, información recabada de la finca solo proviene del propietario y la situación país producto de las medidas para afrontar la pandemia del COVID-19 .

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para dar sustento a la investigación se procedió a la revisión de investigaciones previas relacionadas con los sistemas de cosecha de agua y el aprovechamiento de las lluvias, por lo cual se presentan los siguientes antecedentes académicos.

Chalco, Glicerio (2016) en su trabajo de grado titulado “**Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino – Juli**”, realizado en la Universidad Nacional del Altiplano, Perú, tuvo como objetivo evaluar los techos de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia y diseñar un sistema de captación del agua de lluvia con fines de consumo doméstico en las viviendas rurales en Molino.

La contribución de este trabajo de grado para la investigación, es la similitud en cuanto a los problemas que enfrenta los pobladores de Molino, debido al insuficiente abastecimiento de agua potable; donde los pobladores extraen el agua para su consumo de fuentes internas: como acuíferos y manantiales, mediante pozos rústicos. El modelo de abastecimiento de agua no está cumpliendo con la demanda actual, ocasionando escases de agua potable a la población en materia de estudio.

De igual forma, Carvajal Rebeca (2015) en su trabajo de grado titulado “**Estudio de viabilidad de cosecha de agua de lluvia en Reserva Conchal para su utilización en riego del campo de golf**”, trabajo final de graduación sometido a la consideración de la Universidad de Costa Rica como parte de los requisitos para aspirar al título y grado de licenciatura en ingeniería agrícola, tuvo como propósito principal, mostrar la viabilidad técnica y económica de implementar un sistema de cosecha de agua de lluvia para ser utilizado en el riego del campo de golf de Reserva Conchal aprovechando los lagos ubicados dentro del campo como reservorios.

El aporte de esta investigación será de gran información para este trabajo de grado debido a que realizan un diagnóstico del manejo que se le da al recurso hídrico comparando el agua que se riega vs el agua requerida por el cultivo según la demanda estimada de: evapotranspiración, condiciones del suelo y características del cultivo, con el cual se determina que no existe un exceso de agua regada, revisando parámetros, factores, condiciones y estadísticas para la toma de decisiones adecuadas en este proyecto de investigación.

En la continuidad de ubicación de investigaciones y estudios, no se ubicaron referentes recientes, sin embargo se ubicó el trabajo de Guzmán y Rodríguez (2006), el cual se consideró debido a los aportes realizados. Este trabajo titulado **“Propuesta para el aprovechamiento del recurso hídrico de la cuenca del Río Orupe, Municipio Tinaco, Cojedes”**, fue realizado en la Universidad de Carabobo, Venezuela, tuvo como propósito principal, desarrollar un sistema de gestión del recurso hídrico, para las condiciones existentes en la zona de Lomas del Viento y Orupe, Municipio Tinaco, Estado Cojedes, con el fin de dar a sus pobladores mejores condiciones de vida.

El aporte para esta investigación será el desarrollo de un sistema de gestión del recurso hídrico, para las condiciones existentes en la zona de Lomas del Viento y Orupe, Municipio Tinaco, estado Cojedes, con el fin de dar a sus pobladores mejores condiciones de vida, dando planteamiento a una serie de alternativas que dan solución tanto al problema de la contaminación como al de los bajos ingresos, las cuales fueron evaluadas desde un punto de vista técnico, económico y ambiental.

2.2. Bases teóricas

La implementación de cosecha y siembra de agua como una práctica efectiva de un buen manejo de los recursos naturales partiendo de un principio de desarrollo desde las propias capacidades y potencialidades de los actores locales en donde el intercambio de saberes y la participación social son pilares fundamentales en la implementación de esta alternativa.

Con la única finalidad de tener una mejor utilización y aprovechamiento sostenible del recurso que provoca la vida el agua.

2.2.1. Descripción de la zona en estudio

Se denomina Finca Nazareno, al área de 7,12 Hectáreas, ubicada en el Sector Los Manantiales vía Vallecito en Tinaquillo, Estado Cojedes, superficie conformada por un suelo mixto que puede ser considerado como potencial agrícola y una pendiente media de 1,4%, según Google Earth, la altitud en promedio es de 426 m.s.n.m. Sus límites quedan definidos de la siguiente manera: Norte: Av. Tamanaco. Sur: calle ciega. Este: cerca de finca vecina. Oeste: Av. Los Manantiales. (Ver figura 1).

Situación actual de la Finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, predomina la carencia de agua para el riego que impide seriamente desenvolver las actividades productivas agropecuarias que permitan impulsar el progreso socioeconómico y un buen vivir rural de la gente en el Sector Los Manantiales.

2.2.2. Sistemas de cosecha de agua

Nasr (1999) define la cosecha de agua como la recolección del agua de escorrentía para su uso productivo, mientras que según FAO (2000) la captación de agua de lluvia está definida como la recolección de escorrentía superficial para su uso productivo, y que puede lograrse de las superficies de tejados, así como de corrientes de agua intermitentes o efímeras.

Existen diversas formas de clasificación de lo que se considera cosecha de agua (Desrochers 2004). Las variaciones normalmente dependen del autor, y en muchas ocasiones hay divergencias en cuanto a lo que se considera o no cosecha de agua. Varios autores describen métodos y conceptos diferentes de cómo se concibe la captación del agua de lluvia para su aprovechamiento (Martínez 1998, Middle East Peace Process 2005, Mongil y Martínez de Azagra 2007, Narayan et al. 2008).

Oweis et al. (1999), Oweis y Hachum (2004), por ejemplo, indican que la cosecha de agua se divide en dos grandes ramas: una que se refiere al agua de escorrentía y otra que habla de cosecha de agua para riego suplementario.

Prinz (1994), Prinz y Malik (S.f), hacen un desglose más amplio donde se incluyen las siguientes categorías, definidas por la relación entre el área de recolección y el área de depósito del agua: (1) Cosecha de agua en techos, (2) Cosecha de agua para consumo animal, (3) Cosecha de agua inter – lineal (4) Microcaptación, (5) Captación de mediana escala o Macrocaptación, (6) Captación de gran escala (áreas de captación con muchos kilómetros cuadrados, necesitan estructuras muy complejas y grandes redes de distribución).

2.2.3 Tipos de proyectos de aprovechamiento

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metal o PVC.

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesita, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. (Velázquez, 2012, p.95)

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- Las canaletas podrán ser de cualquier material que no altere la calidad fisicoquímica del agua recolectada.
- El ancho mínimo de la canaleta será de 75 mm y el máximo de 150 mm.
- Las canaletas deben ser lo suficientemente profundas para mantener el agua recolectada y prevenir que se rebote.
- Las canaletas deberán estar fuertemente adosadas a los bordes más bajos del techo. El techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta, como mínimo en un 20% del ancho de la canaleta.

- La distancia que debe mediar entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua.
- El máximo tirante de agua en las proximidades del interceptor no deberá ser mayor al 60% de la profundidad efectiva de la canaleta. □ La velocidad del agua en las canaletas no deberá ser mayor a 1 m/s.
- Para calcular la capacidad de conducción de la canaleta se podrán emplear formulas racionales como la de Manning, con sus correspondientes coeficientes de rugosidad, acordes con la calidad física del material con que fue construida la canaleta.
- Las uniones entre canaletas deben ser herméticas y lo más lisas posibles para evitar el represamiento del agua.
- En el caso de techos planos de losas de concreto, se recomienda conducir el agua hacia un punto donde se capte y canalice a la cisterna.

2.2.3.1. Técnicas aplicadas en las estructuras de construcción

- **Cosecha de agua aprovechando los techos (Opción 1)** (Ver figura 2).

Lugares aplicables:

- Casa particular
- Casa comunal
- Galpón
- Escuela
- Iglesia

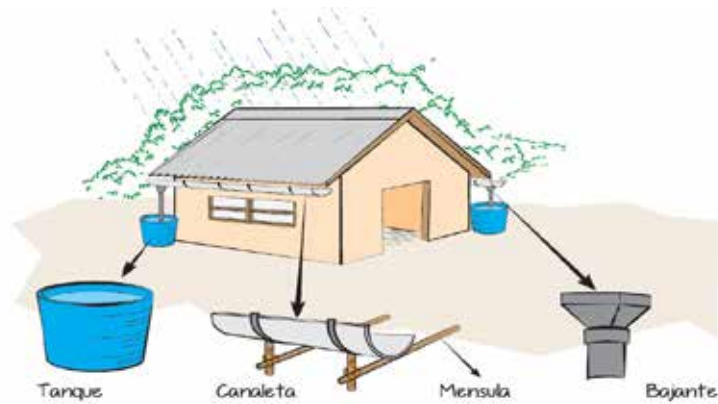


Figura 2

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

- **Cosecha de agua aprovechando los techos (Opción 2)** (Ver figura 3,4, 5).

-Aprovechar los materiales existentes en la comunidad

*Es la opción más económica

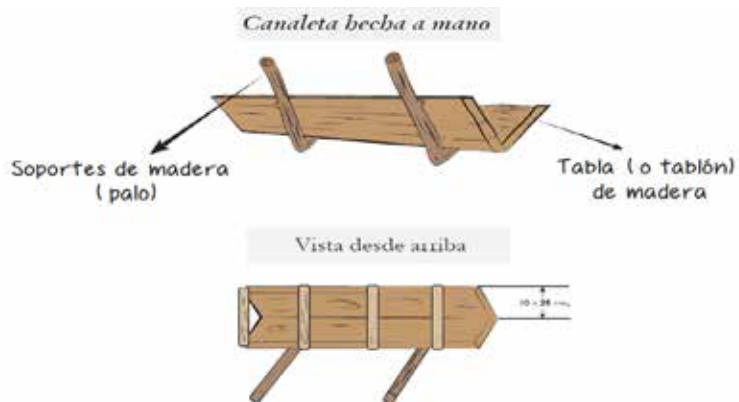


Figura 3

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

*No es indispensable colocar el bajante.

Tanque de agua hecho a mano

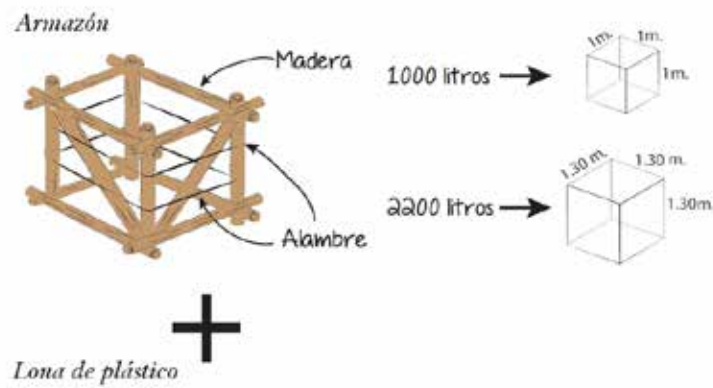


Figura 4

Fuente:
Sumak

(Proyecto Minka
Kawsay, 2003)

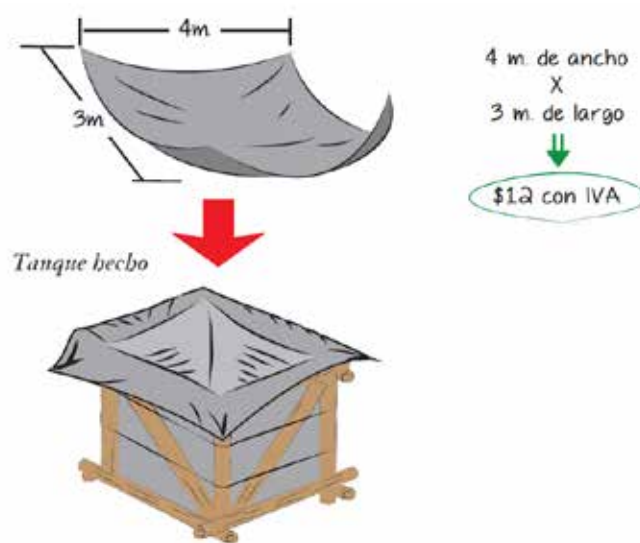


Figura 5

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

- Otra opción del mismo sistema instalado en el invernadero tipo cercha (**Opción 3**) (Ver figura 6).

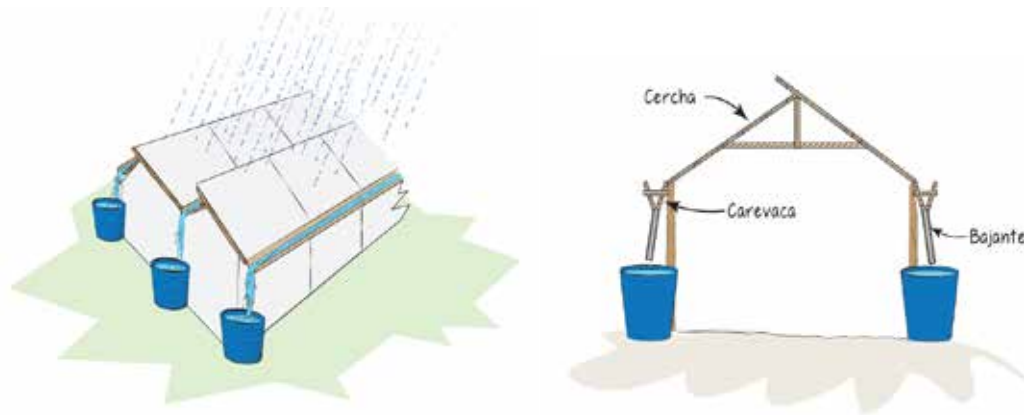


Figura 6

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

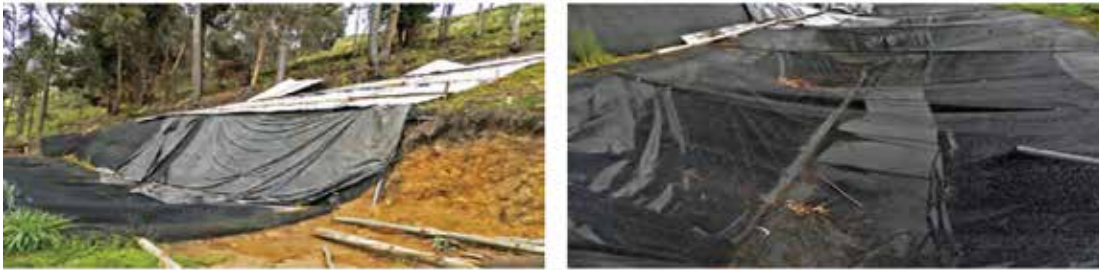
2.2.3.2. Cosecha de agua aprovechando los pendientes existentes (Ver figura 7,8).
(Opción 1 - Con reservorio pequeño tipo zanja)

Cuando no se necesita este sistema puede desarmarlo y guardar las láminas en el galpón para que duren por años.



Figura 7

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)



Ejemplos de aplicación

Figura 8

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

- **Cosecha de agua aprovechando los pendientes existentes** (Ver figura 9).
(Opción 2 - Con tanque de agua, sin necesidad de preparar reservorio tipo zanja)

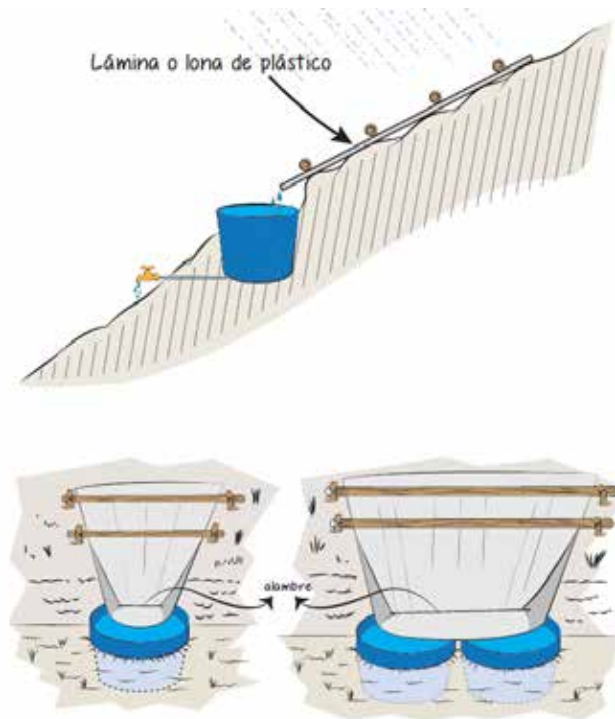


Figura 9

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

- **Otras técnicas aplicadas en la micro cuenca**

Las lagunas de altura son una práctica que posibilita la dotación de agua para sectores medios y altos que no tienen acceso a vertientes naturales por su ubicación altitudinal y por la escasez de las mismas; Son utilizadas para infiltración de agua, humedecimiento de parcelas agrícolas y en algunos casos como reservorios de agua para riego. (Ver figura 10).



Figura 10

Fuente: (Proyecto Minka Sumak Kawsay, 2003)

Beneficios:

Naturales

- Agua: Vital y sinónimo de vida.
- Vegetación: Alimentación tanto para seres humanos como para animales.
- Especies de animales: Alegría de un ecosistema y alimento para la comunidad.

2.2.4. Captación de aguas de lluvia

La captación de agua de lluvia es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas. Este sistema es un medio fácil y sensato de obtener agua para el consumo humano y para el uso agrícola. En aquellos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.

El agua de lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto haría posible el hacer más llevadero el tiempo de secas y en un futuro sobrevivir las secas, ya que por el mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua ira escaseando progresivamente lo cual significa que, en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua de lluvia será un mecanismo de sobrevivencia. (Herrera, 2010, p.82).

La captación de aguas pluviales (o de lluvia) es el arte de desviar y capturar la precipitación (Aguas de lluvia o nieve derretida) para usarse en la vida diaria. La captación del agua de lluvia puede ser definida como la recolección de los escurrimientos superficiales para uso productivo. (FAO, 2000).

2.2.5. Componentes de los sistemas de captación de aguas de lluvia

Retomando que la captación de agua de lluvia es considerada en este estudio como una tecnología utilizada para habilitar en tal sentido los techos y los pisos, o bien, otras áreas impermeables de las construcciones, para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas. Se tiene que el sistema de captación de agua de lluvias está compuesto de los siguientes elementos:

2.2.5.1. El área de captación.

La captación está conformada 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.

En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo. Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc. La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema. Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción. La paja, por

ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

1. La superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda requerida. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.
2. El techo de la edificación deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección, debe tener una pendiente no menor al cinco por ciento (5%) en dirección a las canaletas de recolección del agua de lluvia. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo y el coeficiente de escurrimiento.
3. En el caso de utilizar aéreas sobre terreno, estas deben estar limpias y ser lo suficientemente impermeables para no permitir que cierta parte importante del agua precipitada se pierda por infiltración en el terreno.
4. Cuando llueve existen pérdidas de agua en el techo debido a infiltraciones; por evaporación del agua que humedece la superficie y por salpicaduras debido a fuertes vientos. Estas pérdidas se representan en los diferentes materiales utilizados como un coeficiente de escurrimiento (C_e) y es un número entre 0 y 1. Algunos de estos coeficientes aplicados se pueden ver en la tabla.

2.2.5.2. Recolección y conducción.

Este componente es una parte esencial de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial en Techos ya que 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, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

2.2.5.3. Interceptor

Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m² de techo.

El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

- Debe asegurar la calidad del agua dependiendo de su uso.
- El techo destinado a la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor. En el caso que el área de captación tenga dos o más interceptores, ellos deberán atender áreas específicas del techo y por ningún motivo un determinado interceptor deberá captar las primeras aguas de lluvia de un área que haya sido atendida por otro interceptor con el fin de agilizar el proceso de lavado del techo.
- Al inicio del tubo de bajada al interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita encauzar el agua hacia el interceptor sin que se produzcan reboses, y su ancho inicial debe ser igual al doble del diámetro de la canaleta debiendo tener la reducción a una longitud de dos veces el diámetro. El diámetro mínimo del tubo de bajada del interceptor no será menor a 75 mm.
- La parte superior del interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras aguas de lluvia.
- El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia. El interceptor

contará con un dispositivo que debe cerrarse una vez que se hayan evacuado las primeras aguas de lluvia.

- El filtro deberá diseñarse de modo que la velocidad de filtración sea menor a 0.2 m/h. Su funcionamiento debe de ser auto-purgante para no requerir de mayor mantenimiento y limpieza.

2.2.5.4. Almacenamiento de agua de lluvia:

Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía.

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.
- De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones.
- Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser construidos con los materiales siguientes:

- Mortero de cemento – arena; el mortero de cemento – arena se aplica sobre un molde de madera u otro material de forma preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m³ y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2.3 m³.

Concreto; normalmente se construye vaciando concreto en moldes concéntricos de acero de un diámetro de 1.5 m, 0.1 m de espesor y 0.60 m de altura. Este tipo de tanque de almacenamiento puede alcanzar volúmenes de hasta 60m³.

2.2.6. Clasificación de los sistemas de captación de agua de lluvia.

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta y es el resultado de las necesidades de demanda de agua. Se implementan cuando no existe una red de acueducto o el suministro es deficiente; cuando no se dispone de los recursos, es decir no exista dinero para invertir y los materiales de construcción son muy costosos, cuando la calidad del agua es muy baja provocada por su contaminación, cuando la disponibilidad de agua subterránea y superficial es muy baja o por prácticas culturales y la legislación vigente de cada región. (UNATSABAR, 2001).

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar en fechas recientes.

La captación de agua de lluvia es un medio tan antiguo de abastecimiento de agua, que perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios.

Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia, se han practicado desde que surgieron los primeros asentamientos humanos y se tiene conocimiento de que se empezaron a utilizar hace más de 4000 años a.C. en la antigua Mesopotamia, cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta tomando como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico la captación de agua de lluvia.

Se han utilizado distintos Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia a través del tiempo hasta la actualidad; por tal motivo a continuación se presenta una clasificación de los métodos alternativos de captación y uso eficiente de

agua, las cuales fueron identificados a través de la investigación y experiencias de investigadores dedicados al uso eficiente del agua y basada conforme a la forma como el agua escurre por techos o sobre suelos naturales, caminos, patios o áreas de captación especialmente preparadas y al uso que se le da. Esta clasificación incluye: (Anaya, 2009, p.09).

- Sistemas para uso humano.
- Sistemas para uso agrícola y ganadero.
- Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.
- Captación de agua de niebla.

A continuación, se hace una descripción detallada de cada sistema.

2.2.6.1. Sistemas para uso humano.

Dentro de esta clasificación entran las técnicas de captación de agua de lluvia que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de tejados o superficies terrestres para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria como son:

Los sistemas de captación de agua de lluvia: es un medio para obtener agua para consumo humano y uso doméstico. Consiste de cinco elementos principales que son la captación, recolección y conducción, interceptor o filtro, almacenamiento y un sistema de distribución los cuales se describen detalladamente más adelante.

Estos sistemas pueden ser muy sencillos o sofisticados con tratamientos automáticos en cada proceso y con monitoreo electrónico dependiendo del uso que se le dé al agua captada como: uso sanitario, limpieza, alimentación, riego de jardines, etcétera. Existe una gran diversidad de estos sistemas en los cuales comúnmente varía principalmente el elemento de almacenamiento utilizando lagunas, zanjas o aljibes revestidos con ladrillo, polietileno o plástico, piletas de ladrillo de arcilla y concreto y pozos cisternas.

2.2.6.2. Sistemas para uso agrícola y ganadero

Estos sistemas están enfocados a mejorar la producción de los cultivos, árboles y pastizales en áreas propensas a sequía en lugar de que el escurrimiento

superficial provoque erosión además de convertirse en lugares aptos para abrevadero de ganado. Funcionan bajo el concepto de micro captación in situ, el cual manipula los escurrimientos superficiales para su almacenamiento en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua en muchos ejidos y ranchos.

Las técnicas de micro captación in situ involucran conservación del suelo, aumentan la disponibilidad de agua para los cultivos, mitigan los efectos de sequía y mejoran el entorno ecológico. Según Veenhuizen (1998), la micro captación in situ del agua de lluvia se diferencia de la captación general, básicamente en tres aspectos:

- Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- Porque el área de esorrentía, está formada por micro captaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.
- Porque el área de almacenamiento incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

Estos sistemas de captación de agua de lluvia son especialmente relevantes para zonas áridas y semiáridas y donde los problemas de degradación ambiental, sequía y presiones de población son más evidentes.

2.2.6.3. Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.

La falta de estudios geo hidrológicos, geofísicos, y geológicos en la realización de nuevas construcciones, ocasiona que la captación de agua pluvial sea menor y no se le dé la importancia que amerita, ya que al ocupar lo que antes eran áreas verdes con nuevos desarrollos habitacionales, consorcios comerciales, etcétera.

La infiltración del agua de lluvia al subsuelo se reduce por el incremento de las zonas pavimentadas y su desalojo a través de drenajes, lo que genera problemas de gran magnitud en obras recientes; pues la sobreexplotación del manto acuífero modifica de manera considerable la estructura del subsuelo. Se parte de estos

problemas para darnos cuenta de la importancia que tiene la infiltración, no solo para el abastecimiento del agua; sino para la preservación del ciclo hidrológico.

2.2.6.4. Captación de agua de niebla.

Se presenta el estudio de las condiciones climáticas y de la captación de agua de niebla en Lachay y Atiquipa, considerada como áreas representativas de lomas ubicadas en las intercuencas de la costa desértica del Perú. El clima en las lomas costeras se caracteriza por presentar una ocurrencia de niebla entre mayo y diciembre, una precipitación anual de 67.8 mm y una temperatura promedio de 13.6°C (agosto) y 22.2°C (febrero).

Mientras que la captación de agua de niebla (CAN) tuvo un promedio de 2.8 l/m²/d (Lachay) y 1.7 l/m²/d (Atiquipa) para el periodo mayo-agosto de 1988. Los resultados demostraron que la niebla es una fuente de recurso hídrico en las lomas que requiere ser evaluada con mayor información de CAN y de parámetros meteorológicos, a fin de establecer la disponibilidad del recurso hídrico en el año.

2.2.7. Variables hidrológicas a considerar en el diseño de sistemas de agua de lluvia

2.2.7.1. La precipitación

Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes como agua, nieve hielo. La precipitación constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región.

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que se precipita del cielo a la superficie terrestre.

Como se mide la precipitación:

La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m²), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m². Nótese que 1 milímetro de agua de lluvia equivale a 1 L de agua por m².

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos. (Villon, 2011, p.73).

- El pluviómetro: Mide la cantidad de aguas de lluvia caída en intervalos de tiempo fijados, generalmente de 24 horas.
- El pluviógrafo: Mide continuamente la precipitación en el tiempo, es el mismo pluviómetro provisto de un mecanismo de relojería que le permite marcar en un tipo especial de papel la variación de la precipitación con el tiempo.

Formas de precipitación

Las gotas de agua pequeñas son casi esféricas, mientras que las mayores están achatadas. Su tamaño oscila entre los 0.5 y los 6.35 mm, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 km/h, dependiendo de su volumen. (Villon, 2011, p.70).

Por la forma en que cae, se pueden clasificar diversos tipos de precipitación:

- Llovizna: son gotas de agua pequeñas por lo que su velocidad de caída es bastante baja y rara vez sobrepasa un valor de 1 mm/hrs.
- Chispear: se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de éstas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.
- Lluvia: consiste en gotas de agua líquida con diámetros mayores a las que componen la llovizna propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

Generalmente (a su vez) se reportan cuatro intensidades de lluvia:

1. Ligera, hasta 2.5 mm/hora. Moderada, entre 2.5 y 7.6 mm/hora. Fuerte, mayores a 7.6 mm/hora. Torrencial, aquella que supera los 12.7 mm/hora.

Cada milímetro medido de precipitación representa la altura en lámina precipitada, que tendría un cubo con un área igual a un metro cuadrado y una altura de 1 mm.

2. Escarcha: es una capa de hielo que se forma producto del enfriamiento de una superficie húmeda producida por lluvia o llovizna.

3. Chubasco: el viento, las gotas y la intensidad, aumentan.
4. Tormenta: puede ser débil o intensa, su precipitación es alta y las gotas son grandes, el viento es intenso e incluye la posibilidad de que se precipite granizo.
5. Nieve: está compuesta por cristales de hielo blanco o traslúcido. □ Granizo: precipitación en forma de bolas o cristales irregulares de hielo que se producen generalmente por nubes convectivas.
6. Tromba: es más fuerte que la tormenta, tiene viento intenso, gotas grandes, precipitación suficientemente alta para inundar y causar estragos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados.

En general las nubes se forman por enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede tener lugar por varios procesos, que conducen al ascenso y descenso de la presión y descenso térmico asociado.

La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad del aire y la velocidad vertical.

Tipos de precipitación.

De acuerdo con la causa que origina el ascenso de la masa húmeda, pueden distinguirse tres tipos de precipitación: (Herrera, 2010, p.08).

- Precipitación ciclónica: Resulta del levantamiento del aire que converge de un área de baja presión o ciclón.
- Precipitación convectiva: Es causada por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Se caracteriza por ser puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras o aguaceros.
- Precipitación orográfica: Resulta del ascenso mecánico sobre una cadena de montañas.

2.2.7.2. La infiltración

Es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo. La tasa de infiltración, en la ciencia del suelo, es una medida de la tasa a la cual el suelo es capaz de absorber la precipitación o la irrigación. Se mide en pulgadas por

hora o milímetros por hora. Las disminuciones de tasa hacen que el suelo se sature. Si la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración, se producirá escorrentía a menos que haya alguna barrera física. Está relacionada con la conductividad hidráulica saturada del suelo cercano a la superficie. La tasa de infiltración puede medirse usando un infiltrómetro.

La infiltración está gobernada por dos fuerzas: la gravedad y la acción capilar. Los poros muy pequeños empujan el agua por la acción capilar además de contra la fuerza de la gravedad. La tasa de infiltración se ve afectada por características del suelo como la facilidad de entrada, la capacidad de almacenaje y la tasa de transmisión por el suelo.

En el control de la tasa y capacidad infiltración desempeñan un papel la textura y estructura del suelo, los tipos de vegetación, el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación. Por ejemplo, los suelos arenosos de grano grueso tienen espacios grandes entre cada grano y permiten que el agua se infiltre rápidamente. La vegetación crea más suelos porosos, protegiendo el suelo del estancamiento de la precipitación, que puede cerrar los huecos naturales entre las partículas del suelo, y soltando el suelo a través de la acción de las raíces. A esto se debe que las áreas arboladas tengan las tasas de infiltración más altas de todos los tipos de vegetación.

2.2.7.3. Caudal: volumen de agua que sale de una cuenca determinada por unidad de tiempo.

Generalmente se mide en m^3/s ;

Está directamente influido por:

- Û La precipitación sobre la cuenca;
- Û Las características geológicas, edafológicas y topográficas de la cuenca;
- Û La cobertura vegetal;

2.2.7.4. Evaporación: volumen de agua que se dispersa en la atmósfera, desde una superficie líquida, como el mar, un lago, un río, o desde un suelo sin vegetación.

Generalmente se expresa en mm por unidad de superficie, por unidad de tiempo;

Está directamente influido por:

- Ü El viento;
- Ü La temperatura del agua y del aire;
- Ü La humedad del aire.

Desde una superficie líquida, sin la influencia del viento, en zonas tropicales la evaporación es del orden de 2 mm/día.

2.2.7.5. Evapotranspiración: volumen de agua que se dispersa en la atmósfera, desde el suelo con vegetación.

Generalmente se expresa en mm por unidad de superficie, por unidad de tiempo.

Está directamente influida por:

- Ü El tipo de cobertura vegetal;
- Ü La disponibilidad de humedad (agua libre) en el suelo;
- Ü La profundidad del manto freático;
- Ü La radiación solar;
- Ü La temperatura.

2.2.7.6. Humedad del aire.

Generalmente se expresa en %;

Está directamente influida por:

- Ü La temperatura;
- Ü La radiación solar;
- Ü El viento;
- Ü La disponibilidad de humedad en el suelo;
- Ü El tipo de vegetación;
- Ü La proximidad o no de grandes superficies líquidas como el mar o lagos.

2.2.8. Balance hídrico

El concepto de balance hídrico deriva del concepto de balance de materia, es decir, que es el equilibrio entre todos los recursos hídricos que entran en un sistema y

los que salen del mismo, en un intervalo de tiempo determinado. Sintéticamente puede expresarse por la fórmula:

$$Estado_{t+1} = Estado_t + \sum_{i=1}^N Entradas_i - \sum_{j=1}^M Salidas_j$$

Para la determinación del balance hídrico se debe hacer referencia al sistema analizado. Estos sistemas pueden ser, una cuenca hidrográfica, un lago natural o un embalse; incluso una región, un país o el mismo cuerpo humano.

2.2.9. Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua promedio anual en el mundo es de aproximadamente 1,386 millones de km³, de estos el 97.5% es agua salada, el 2.5%, es decir 35 millones de km³, es agua dulce y de ésta casi el 70% no está disponible para consumo humano debido a que se encuentra en forma de glaciares, nieve o hielo.



Figura 11

Fuente: AQUASTAT (2017)

Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o vuelve imposible su utilización efectiva. Se estima que solamente el 0.77% se encuentra como agua dulce accesible al ser humano.

Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego. 2,500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias de agua.

Se estima que el 20% de los acuíferos mundiales está siendo sobreexplotado, lo que tendrá consecuencias graves, como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salina.

La disponibilidad de agua enfrenta presiones por contaminación. Se espera que la eutrofización de las aguas superficiales y las zonas costeras aumente en casi todas partes hasta 2030. A nivel mundial, el número de lagos con algas nocivas aumentará por lo menos un 20% hasta 2050.

2.2.10. Riego

Es aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo o bien donde se quieren implantar cultivos de regadío. En las zonas secas, el riego debe emplearse desde el momento en que se siembra el cultivo. En regiones de pluviosidad irregular, se usa en los periodos secos para asegurar las cosechas y aumentar el rendimiento de éstas. Guevara, E. (2007), indica que las técnicas de riego se refieren a los métodos de distribución del agua, de un sistema de tuberías o canales hasta llegar a la zona de raíces de las plantas para utilizarla en su desarrollo. Los diferentes sistemas de riego se pueden clasificar en: Riego de Superficie, Subriego o Riego Subterráneo y Riego Aéreo o Localizado.

El riego de superficie consiste en hacer correr el agua sobre la superficie del terreno con el fin de que se infiltre en el suelo; entre estos se tienen: por surcos, por melgas y por pozas, siendo los dos primeros los más importantes. El riego subterráneo, hace pasar agua al interior del suelo a cierta profundidad, hasta que la acción capilar la eleve hasta la zona de las raíces. El riego aéreo o localizado, hace que el agua caiga sobre el terreno en forma de lluvia, de tal modo que no dañe las plantas ni el suelo. Dentro de este sistema se tienen, el riego por aspersión y el riego por goteo. En cualquiera de los tipos de riego, el diseño se orienta a suministrar una cantidad de agua tal, que las raíces sean completa y uniformemente abastecidas y la infiltración sea lo suficientemente profunda para una lixiviación apropiada de las sales perjudiciales que pudieran estar presentes en el perfil del suelo.

2.2.10.1. Tipos de riego

✓ Riego por Goteo

El riego por goteo se define como aquel en donde el agua es transportada por medio de un sistema mecanizado a través de conductos cerrados desde el punto de toma hasta la planta, donde se aplica el agua, nutrientes y agroquímicos directamente a la zona radicular de estas, en proporción controlada, gota a gota, lo que permite obtener máximos resultado, minimizar el uso del agua y otros recursos, (Medina, 2007).

Componentes de un Sistema de Riego por Goteo

- **Centro de Control** El cabezal de riego o centro de control, corresponde al conjunto de elementos cuya función es la de captar e impulsar el caudal del sistema a la presión requerida, desde la fuente de agua hasta el inicio de la red hidráulica, previo filtrado e incorporación de los nutrientes a través de su inyección en el agua de riego. Para lograr lo anteriormente señalado, se debe contar con: la fuente de agua, cámara de aspersión, fuente de energía, bomba centrífuga, sistema de filtrado primario (arena o anillas), sistema de filtrado secundario (malla), inyector de fertilizantes, controlador de riego, caudalímetro y manómetros para monitoreo de flujo al inicio de la red hidráulica y presión, respectivamente, (Medina, 2007).

- **Red de Tuberías** La red de tuberías se inicia en el centro de control y constituye el sistema de distribución del agua desde el centro de control hasta el punto de emisión, ubicados en las proximidades de cada planta. La red está compuesta por una tubería principal, tuberías secundarias y tuberías terciarias, todas bajo el terreno y finalmente los laterales de riego (sobre el terreno), paralelos a las hileras de cultivo, los cuales, soportan los puntos de emisión de agua o goteros. En el caso de riego por cintas, el lateral lo constituye una tubería de pared delgada, con ranuras prefabricadas en forma equidistante, (Medina, 2007). Complementan la red anterior, los fitting que permiten la unión de las tuberías y válvulas que permiten el paso del agua, regular la presión y caudal, facilitar el flujo inverso en sistemas de filtrado, evitar el golpe de ariete o eliminar el aire acumulado dentro de ellas, (Moya, 2004).
- **Red Eléctrica** Corresponde al conjunto de elementos que permiten transportar la energía eléctrica desde la fuente, localizada en las proximidades del centro de control, hasta los tableros eléctricos y equipos ubicados al interior de este. Incluye: transformador, tablero general exterior, medidor, tablero general interior, tablero para control de bombas, alimentación del control de riego, iluminación, etcétera, incluye además, la red de cableado desde el controlador de riego, hasta las válvulas hidráulicas, localizadas en diferentes puntos de la red de tuberías, (Castro, 2004)
- **Emisores** Son los elementos más importantes de la instalación, ya que permiten la salida del agua a la dosis requerida y a la presión necesaria. Las características fundamentales que deben tener son: caudal uniforme y constante, baja sensibilidad a las variaciones de presión, temperatura y obturaciones; resistencia al ataque de insectos, roedores, agentes químicos y ambientales. Por último, deben tener una reducida pérdida de carga de conexión y finalmente bajo costo. (Moya, 1994) Dentro de los emisores, se dispone de dos opciones, goteros y cintas de riego. Los goteros, presentan una estructura definida, son resistentes, se insertan en la tubería de diferentes formas y poseen gran durabilidad. Sin embargo, su costo hace difícil su adopción en cultivos que requieren gran cantidad de puntos de emisión de agua por

metro cuadrado de cultivo. Las cintas de riego, son tuberías de polietileno de bajo espesor (0,1 a 0,4 milímetros), la cual en su interior por donde fluye el agua, posee en una parte de la sección, una doble pared a espaciamientos regulares con ranura para salida del flujo. Esta doble pared o canal de flujo, es sellada a base de calor durante su fabricación, lo que la hace consistente y uniforme, (Rodrigo, 1992). Destacan por su avanzada tecnología de fabricación, bajo costo y alta uniformidad en los puntos de emisión. Las cintas crean una franja de suelo mojado, permitiendo un desarrollo óptimo de las plantas, alta eficiencia en el uso de agua y agroquímicos, facilidades de instalación y operación a bajas presiones, con el consiguiente ahorro de energía. Tiene como desventaja que es de baja duración, siendo necesario su reposición total, elevando los costos. Sin embargo, el impacto de utilizar el riego por goteo a bajo costo y los beneficios económicos que este trae sobre la producción y calidad, permiten su adopción, aun cuando se requiera su reposición.

✓ **Riego por Aspersión**

Sistema de riego superficial que se produce asperjando el agua en un rociado de pequeñas gotas sobre o entre las plantas, imitando el agua de lluvia. estos sistemas son los primeros que se desarrollaron en el riego por aspersión. Se dividen a su vez en:

- **Sistemas fijos:** se colocan los aspersores en el marco establecido, y el sistema de tuberías puede ser enterrado o bien superficial, quedando como parte saliente y con la altura adecuada el vástago donde irá incorporado el aspersor.
- **Sistemas semifijos.**son esencialmente sistemas que se van desplazando de una zona a otra de forma manual o mecanizada mediante un desmontaje rápido del sistema. Dentro de estos sistemas se encuentran las alas de riego y los cañones de riego.
- **Sistemas automecanizados:** son sistemas automotrices que llevan instalados motores eléctricos o sistemas hidráulicos que permiten su movimiento a lo largo de la superficie de riego. Dentro de estos sistemas se encuentran los sistemas pivotantes de

riego, los sistemas de desplazamiento lateral (carros de riego) y otras máquinas regadoras.

Ventajas de riego por aspersión

- Se adapta a las distintas dosis de riego necesarias
- No necesita nivelación. Facilita por lo general la mecanización
- Fácil de automatizar
- Suele permitir el tratamiento con fertilizantes, fitosanitarios y lucha anti-helada

Desventajas de riego por aspersión

- Puede lavar algunos tratamientos si no se cuida su programación.
- Mala uniformidad en el reparto por la acción de fuertes vientos.
- Alto coste de inversión inicial y mantenimiento y funcionamiento (energía) si no está bien diseñado.

✓ **Riego Automático**

El riego automático es un sistema para proveer con agua a las plantas del jardín de manera tecnificada, por medio de sistema de aspersión y/o goteo normalmente. Se puede entregar el agua en la ubicación, cantidad, frecuencia y horario que se desee. La automatización del riego puede programarse, según el criterio del agricultor ya sea por tiempo de riego, por volúmenes medidos por un medidor de caudal, programación en base a sensores del estado hídrico del suelo y de la planta; y por una programación basada en datos meteorológicos proporcionados por una estación meteorológica.

Ventajas de riego por automático

- Ahorro de tiempo, agua y energía
- Mayor eficiencia de riego, el agua se distribuye uniformemente
- Ahorro en costes de mantenimiento
- Aumento de la producción, optimización del riego

Desventajas de riego por automático

- Alto coste de inversión inicial y mantenimiento.

✓ **Riego Hidropónico**

En estos sistemas se cultiva utilizando sustratos inertes irrigados mediante sistemas de riego por goteo, subirrigación, o exudación. Los sustratos más comunes son la perlita, la lana de roca, la fibra de coco y la turba.

✓ **Riego por Nebulización**

Es un sistema de riego en el cual se expulsa agua en forma de neblina, a través de emisores colocados en la parte superior de los cultivos, el cual además de suministrar agua o fertilizante, contribuye a disminuir temperatura y elevar el nivel de humedad relativa en el interior de los invernaderos. Los emisores se llaman nebulizadores ya que producen niebla fina, el agua a presión sale por un orificio de pequeño diámetro, de forma que el chorro producido se estrella contra una pared cóncava que lo despide y distribuye en forma nebulizada. Estos sistemas suelen trabajar con presiones relativamente elevadas, en torno a 2-4 bares.

Tipos de riego por nebulización

- Nebulizadores de baja presión

Son para principalmente para el uso en un pequeño invernadero, jardín que funciona con presión mínima necesaria. Están indicados para macetohuertos y pequeñas terrazas en las casas.

- Nebulizadores de alta presión

Estos son de uso profesional, las gotas que emiten son aún más finas. Es un sistema muy utilizado en las terrazas de hostelería para refrescar al cliente en verano y en invernaderos muy tecnificados y profesionales.

Ventajas de riego Nebulización

- Refrescan el ambiente. Este sistema incluso puede llegar a rebajar hasta 10°C la temperatura de la zona.

- El sistema de riego por nebulización de baja presión es fácil de instalar.
- Al igual que el riego por goteo se puede programar.
- Favorece a mantener la humedad en el sustrato después del riego.
- No consume energía en exceso durante su utilización.
- Ayudan a limpiar el polvo del lugar. Lo que es ideal para las plántulas sobre todo.
- Mantienen la humedad ambiental.
- Se puede automatizar, por lo que es un buen aliado para cuando nos vamos de vacaciones.

Desventajas de riego por Nebulización

- Si se abusa de su uso o se utiliza con nebulizaciones demasiado seguidas, pueden aparecer hongos.
- Es mayormente recomendable su uso en espacios interiores o bien resguardados del viento, porque éste se lleva las pequeñas gotas y por tanto se estaría haciendo un uso inadecuado.
- No es recomendable su uso en ambientes con alta humedad, porque se estaría aumentando ésta, y provocaría como anteriormente hemos dicho que las plantas tuvieran hongos.
- Si tenéis este sistema en el macetohuerto, utilizándolo con plantas adultas, es recomendable prescindir de este tipo de riego en la época de polinización, porque disminuye sus probabilidades. Lo que se traduce en una mala cosecha.
- Es recomendable utilizar agua baja en sales, porque se podrían obturar la boquilla por dónde se general las gotas.

✓ **Riego por fertirrigacion**

La fertirrigación es una técnica que permite la aplicación simultanea de agua y fertilizantes a través del sistema de riego. Se trata por tanto de aprovechar los sistemas RLAF (Riegos Localizados de Alta Frecuencia) para aplicar los nutrientes

necesarios a las plantas. A pesar de utilizarse en múltiples sistemas RLAF, la técnica de la fertirrigación está totalmente extendida en el caso del riego por goteo.

Aunque la definición de fertirrigación queda suficientemente explicada en el anterior texto, queda mencionar que básicamente existen dos métodos de fertirrigación:

- Fertirrigación cuantitativa. Este modelo está basado en calcular las necesidades nutritivas en función de distintos parámetros: Número de plantas, edad, superficie foliar, tipo de suelo, área, consumo de nutrientes, etc. Una vez calculados los requerimientos, se introducen en el sistema de riego para aportarlos.
- Fertirrigación proporcional. Es un modelo más utilizado en cultivos sin suelo e hidropónico. Consiste en inyectar una cantidad determinada de fertilizantes por un volumen de agua determinado. Por ejemplo: gramos por litro ó litro por metro cúbico. Este ejemplo se refiere a concentración de fertilizantes en agua; en hidropónico suelen utilizarse unidades de concentración tales como: ppm/l, mmol/l o meq/l (partes por millón y litro, milimoles por litro o miliequivalentes por litro).

Ventajas de riego Fertirrigación

- Mayor eficacia y eficiencia porque la distribución de los fertilizantes es uniforme y localizada, mientras que la aplicación manual es imprecisa y desuniforme
- La sobre fertilización y el riego excesivo en cualquier período de crecimiento puede ser evitado. Sincronizando la suplencia de agua y nutrientes con las demandas del cultivo
- Economía de mano de obra y ahorro en los costos de fertilización por requerir menos personal.
- Mayor aprovechamiento de los equipos de riego

Desventajas de riego Fertirrigación

- Costo inicial de la infraestructura
- Los fertilizantes solubles son más caros
- Posibilidad de taponamiento de los emisores

- Requiere de personal entrenado que seleccione, maneje y dosifique los fertilizantes, además de operar el sistema de riego

2.2.11. Fase Agronómica

Según Pizarro, (2002), es la parte del proyecto, donde se determinan los elementos claves del sistema, como son: la evapotranspiración de diseño, disposición de emisores, precipitación por hora de instalación y el tiempo de riego necesario para reponer diariamente la evapotranspiración del cultivo. El diseño debe garantizar que la instalación pueda suministrar, con una alta eficiencia, las necesidades hídricas diarias del cultivo durante el periodo de máximo consumo, estimado en base a las características del cultivo parámetros climáticos, además, un volumen de suelo suficiente para su adecuado desarrollo. En esta etapa se debe obtener información del predio. Los antecedentes del predio que son necesarios para realizar el diseño del sistema son la ubicación y tamaño del mismo y potreros, la topografía, la ubicación de la electricidad, disponibilidad de agua, ubicación de la toma de agua, especie y variedad a plantar y la distancia de plantación, así como también el tipo de suelo y sus características. Las necesidades hídricas de una plantación frutal u otro cultivo están determinadas por la relación entre la planta (hábitos de crecimiento, estado de desarrollo, especie y variedad), el clima (temperatura del aire, humedad relativa, viento, radiación, evaporación), el suelo (contenido de humedad y capacidad de almacenamiento de agua) y la calidad de agua disponible (salinidad). Las entradas de agua al sistema son el riego y las lluvias y las salidas la evapotranspiración, la percolación profunda y el escurrimiento superficial. (Moya, 1998; Honorato, 2000).

✓ Modelos matemáticos utilizados en el diseño de la fase agronómica (Pizarro, 2004)

- **Evapotranspiración de cultivo:** para establecer las necesidades hídricas de una plantación se debe estimar la evapotranspiración potencial y real del cultivo. La evapotranspiración potencial está solamente determinada por la magnitud de la demanda evaporativa de la atmósfera. La evapotranspiración

de diseño es la máxima evapotranspiración real del cultivo que ocurre para un período de 24 horas, en una condición edafoclimática determinada, (Gurovich, 2004).

$$ET_c = ET_p$$

$$Ph = \frac{Qe}{DEE \cdot DEL}$$

Dónde:

Ph: Precipitación por hora de instalación, (mm / hr)

Qe: Caudal del emisor, (L / hr).

DEE: Distancia entre emisores o puntos de emisión sobre el lateral, (m).

DEL: Distancia entre laterales, (m).

- **Tiempo de riego:** la duración de cada riego está determinada por el tiempo (horas) necesario para aplicar la lámina de agua.

$$Tr = \frac{Nr}{Ph}$$

Dónde:

Tr: Tiempo de riego (hr).

Nr: Necesidades de riego (mm).

2.2.12. Fase hidráulica

A partir de los datos calculados en la fase agronómica y la superficie total a regar, se determinan los sectores de riego, para un periodo de operación del sistema entre 18 y 22 horas por día. De esta forma, se reducen los costos que significaría regar toda la superficie al hacerlo por parcialidades. Luego, tomando en cuenta la topografía de la zona a regar, se procede al diseño de la red hidráulica, calculando la tubería principal, secundaria, terciaria y lateral. Luego según las características del agua, su localización, la ubicación de la fuente de energía y facilidades para el manejo del sistema, se procede a diseñar el centro de control, considerando además

otros parámetros opcionales que se basan en criterios técnico-económicos y preferencias del usuario, (Rodrigo, 2002)

✓ **Modelos matemáticos utilizados en el diseño de la fase agronómica (Pizarro, 2003)**

- Número de sectores de riego: número máximo de sectores que se puede regar con el sistema

$$N_s = \frac{T_{Dr}}{T_r}$$

Dónde:

Ns: Número de sectores, (adimensional).

TDr: Tiempo diario disponible para riego (18 a 22 horas), (hr).

- Superficie por sector:

$$S_s = \frac{S_{Tr}}{T_r}$$

Dónde:

Ss: Superficie por sector, (ha).

S_{Tr}: Superficie total de riego, (ha).

- Emisores por área unitaria:

$$E_{au} = \frac{1m^2}{DEE \quad DEL}$$

Dónde:

E_{au}: Emisores por área unitaria, (m²).

- Caudal del sistema:

$$Q_s = E_{au} \quad S_s \quad Q_e \quad 10$$

Dónde:

Q_s: Caudal del sistema, (m³ / hr).

- Diámetro interno de tuberías:

$$Di = 120 \sqrt[2]{\frac{Q}{V}}$$

Dónde:

Di: Diámetro interior calculado, (m).

Q: Caudal, (m³/hr).

V: Velocidad del agua, (m/s).

- Pérdida de carga en tuberías:

$$H_{ft} = 10,665 \frac{Q^{1,852}}{C^{1,852} D^{4,869}} L$$

Dónde:

H_{ft}: Pérdidas de carga en tubería, (m.c.a).

C: Coeficiente de rugosidad, (adimensional).

D: Diámetro de tubería, (m).

L: Largo de tubería, (m).

- Pérdidas de carga locales:

$$H_{fa} = \left(K_i + F_d \frac{L_e}{D} \right) \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

H_{fa}: Pérdida de carga en válvula, (m.c.a).

K_i: Coeficiente de pérdida de cada accesorio, (adimensional).

F_d: Factor de Darcy, (adimensional).

L_e/D: Longitud equivalente, (adimensional).

V: Velocidad del fluido (m/s)

g: Aceleración de gravedad, (m/s²)

- Número de Reynolds

$$Re = \frac{D \ V}{\mu}$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds, (adimensional).

μ : Viscosidad del fluido, (kg/m/s).

- Altura manométrica total

$$AMT = (Pe + Hfu + \Sigma Hfcc + \Delta Hva + \Delta Hbe)$$

Dónde:

AMT: Altura manométrica total del sector más crítico, (m.c.a).

Pe: Presión en el último emisor del sector más crítico, (m.c.a).

Hfcc: Pérdida de carga en el centro de control, (suma de pérdidas individuales de componentes, (m.c.a).

- Potencia de la bomba

$$Pb = \frac{AMT \ Qsit}{0,75 \ Ef}$$

Dónde:

Pb: Potencia de la bomba, (hp).

Qsit: Caudal del sistema, (m³ / s).

Ef: Eficiencia de la bomba, (%).

2.2.13. Desarrollo Sustentable

Un buen desarrollo sustentable es un procedimiento que busca satisfacer las necesidades de la sociedad sin comprometer la estabilidad del futuro, manteniendo un equilibrio entre los individuos y su entorno, a fin de desarrollar estrategias para

mejorar su calidad de vida. En obras civiles sería cuando los recursos utilizados para mantener una estructura no se acaban nunca, por lo que es viable y seguro: invertir, vivir, crear, desarrollar, explorar y demás por este medio.

Dicha relación implica diversas áreas de una comunidad, tales como: aspectos culturales, económicos, sociales y ambientales. La cual va enmarcada en la parte democrática y participativa, donde la política juega un gran papel fundamental al brindar la oportunidad a las personas para confiar en la misma. Esto apunta al crecimiento de toda la población, satisfaciendo sus necesidades actuales con ideas que evolucionan constantemente para que el individuo se sienta seguro con su entorno. Siendo un ganar-ganar manteniendo siempre el capital financiero, físico, humano, social y ambiental a la disposición de los involucrados en las vías de desarrollo, sin causar daños o perjuicios al planeta.

Componentes pertenecientes a este desarrollo:

- Ø **Económico:** Parte de la necesidad de producción de bienes y servicios, manteniendo un crecimiento constante con el aumento de la población. Dando como resultado diversos movimientos y campañas para la conservación ambiental, a causa de la obtención de la materia prima directamente de los recursos naturales. Esta debe ser viables y equitativas, de no ser así, las mismas serían sustentables para el medioambiente y la sociedad, pero no sostenibles en el tiempo.
- Ø **Social:** Trata de hacer partícipe los beneficios del desarrollo a todos los segmentos de la población. Manteniendo siempre presente esa parte equitativa a nivel económica y vivible para cada uno de los individuos con su medioambiente.
- Ø **Ambiental:** Denota la coexistencia entre el desarrollo y evolución de las actividades humanas, la conservación del medioambiente y de su biodiversidad. Teniendo en cuenta los recursos renovables y que dicho impacto no supere la capacidad de generarlos de nuevo en la Tierra. También se toma en cuenta que ningún agente contaminante sea producido a una mayor

velocidad que su ritmo de reciclaje. Siendo de esta forma vivible para la sociedad y económicamente viable para la misma.

2.2.14. Impacto ambiental

Es la alteración favorable o desfavorable del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. Según explica Castelli y Spallasso (2007), “el impacto es la diferencia entre la condición con y sin proyecto”. Para otros autores el impacto es sinónimo de alteración en el medio o en alguno de los componentes del medio, sin incluir una valoración del mismo.

El Impacto Ambiental se clasifica de la siguiente manera:

De acuerdo a su origen:

- ∅ Impacto ambiental provocado por la contaminación: Todos los proyectos que producen algún residuo (peligroso o no), emiten gases a la atmósfera o vierten líquidos al ambiente.
- ∅ Impacto ambiental provocado por la ocupación del territorio: Los proyectos que al ocupar un territorio modifican las condiciones naturales por acciones tales como tala o desbroce de vegetación, compactación del suelo y otras.

De acuerdo a sus atributos:

- ∅ Impacto ambiental positivo o negativo: Se mide en términos del efecto resultante en el ambiente.
- ∅ Impacto ambiental directo o indirecto: Es causado por alguna acción del proyecto o es resultado del efecto producido por la acción
- ∅ Impacto ambiental acumulativo: El efecto que resulta de la suma de impactos ocurridos en el pasado o que están ocurriendo en el presente.
- ∅ Impacto ambiental sinérgico: Se produce cuando el efecto conjunto de impactos supone una incidencia mayor que la suma de los impactos individuales.
- ∅ Impacto ambiental residual: Si el impacto ambiental persiste después de la aplicación de medidas de mitigación.

- ∅ Impacto ambiental temporal o permanente: Cuando es por un período determinado o es definitivo.
- ∅ Impacto ambiental reversible o irreversible: Depende de la posibilidad de regresar a las condiciones originales.
- ∅ Impacto ambiental continuo o periódico: Varía según el período en que se manifieste.

2.3. Bases legales

- ✓ Ley de Calidad de las Aguas y del Aire. Tiene por objeto establecer las disposiciones sobre la gestión de la calidad de las aguas y el aire; las molestias ambientales, y las condiciones bajo las cuales se deberá realizar el manejo de los residuos líquidos y gaseosos; con el fin de proteger la salud de los seres vivos y los ecosistemas. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 6.207 Extraordinario del 28 de diciembre de 2015.
- ✓ Ley de Aguas. Tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas como elemento indispensable para la vida el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país y es de carácter estratégico e interés de Estado. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 38.595 de fecha 02 de enero de 2007. Deroga al Decreto N° 2.331 de fecha 5 de Junio de 1992 publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 35.042 del 04 de Septiembre de 1992; y algunos artículos de: la Ley Forestal de Suelos y Aguas publicada en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 1.004 Extraordinario del 26 de Enero de 1966; Código Civil publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 2.990 Extraordinario del 26 de Julio de 1982; Decreto N° 1.400 de fecha 10 de Julio de 1996, publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 36.013 del 02 de Agosto de 1996. Decreto No. 1.400 de fecha 10-07-96, por el cual se dictan las Normas sobre Regulación y el Control del Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y de las Cuencas Hidrográficas. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 36.013 del 02 de Agosto de

1996. Algunos artículos derogados por la Ley de Aguas del 02 de enero de 2007.

- ✓ Decreto No. 750 de fecha 12-07-95, por el cual se dictan las Normas sobre Vigilancia, Inspección y Control de las Obras Hidráulicas, afectadas al servicio de abastecimiento de agua a las poblaciones. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 35.765 del 02 de Agosto de 1995. Asamblea Nacional. Acuerdo de fecha 07-06-01, mediante el cual se declara el sistema hídrico nacional como de emergencia de atención fundamental. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 37.216 el 11 de Junio de 2001.
- ✓ Ley Aprobatoria de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.825 Extraordinario del 27 de Diciembre de 1994.
- ✓ Decreto con Rango y Fuerza de Ley No. 1.546 de Tierras y Desarrollo Agrario. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela No. 37.323 del 13 de Noviembre de 2001. (Deroga la Ley de Reforma Agraria promulgada por el Congreso de la República el 05-03-60; el Reglamento de la Ley de Reforma Agraria, G.O. No. 1.089 Extraordinario del 02-03-67; el Reglamento sobre Regularización de la Tenencia de Tierras, G.O. No. 31.809 del 29-08-79; la Ley Orgánica de Tribunales y Procedimientos Agrarios).

2.4. Definición de términos

Asperjar: esparcir un líquido en gotas muy finas.

Calentamiento global: es un aumento, en el tiempo, de la temperatura media de la atmósfera terrestre y de los océanos.

Captación de agua de lluvia: descrito con énfasis en el almacenamiento de agua para su utilización en otra parte.

Caudal: cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

Conservación de aguas: definida como captar y almacenar agua donde cae (surcos, terrazas y derivación de agua e inundaciones).

Cosecha de agua: es la captación de la precipitación pluvial para usarse en la vida cotidiana.

Escorrentía superficial: el agua de las precipitaciones que no es evaporada ni infiltrada escurre superficialmente.

Evapotranspiración: cantidad de agua del suelo que vuelve a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y de la transpiración de la plantas. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

Fluvial: relativo a los ríos.

Infiltración: es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo.

Pluvial: relativo a la lluvia o las aguas de lluvias.

Sostenibilidad: recursos utilizados para mantener una estructura no se acaban nunca, por lo que es viable y seguro: invertir, vivir, crear, desarrollar, explorar y demás por este medio.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

Se denomina Proyecto Factible la elaboración de una propuesta viable, destinada atender necesidades específicas a partir de un diagnóstico. El Manual de Tesis de Grado y Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), plantea: “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos”. (p. 16)

Del mismo modo, Arias, (2012, p. 134), señala: “Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema practico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización”.

Este trabajo especial de grado según los objetivos planteados, fue de tipo proyecto factible; ya que establece una secuencia lógica en la situación estudiada, es decir, a medida que se desarrollan los objetivos se concatenan unos a otros, para finalmente obtener una propuesta que permita un sistema de aprovechamiento a través de la cosecha de aguas de lluvia para el riego de cultivo en la finca Nazareno de Tinaquillo, Edo. Cojedes, con el fin de incrementar la calidad de vida de los habitantes de la zona.

3.2. Diseño de investigación

Dentro de la investigación se realizó una recolección de datos tanto por vía documental como por vía de campo, es decir dentro del entorno, con el fin de tomar las mediciones y evaluaciones necesarias, que permitieron justificar las situaciones encontradas, generando el diseño que se presenta, como posible solución a la maximización de los recursos de la zona, por lo cual solo fueron observadas y

analizadas por los mismos investigadores sin que se afectara de ningún modo la zona en el desarrollo de la investigación.

Según Arias (2012), “La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información pero no altera las condiciones existentes. De allí su carácter de investigación no experimental”. (p.31)

Así mismo, los investigadores realizaron la ejecución de una serie de estudios previamente analizados de otras investigaciones similares, así tanto de trabajo de campo como de análisis de la zona, terreno, etc. Para de esta manera poder sustentar el desarrollo de la propuesta. Tomando en cuenta lo anterior la investigación también fue de diseño documental, según Arias (2012) define: “La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes”. Indaga sobre un tema en documentos escritos u orales uno de los ejemplos más típicos de esta investigación son los artículos en medios escritos, las opiniones y encuestas a los usuarios de la zona en estudio.

3.3. Nivel de la investigación

De acuerdo con Fideas G. Arias (2012) el nivel de investigación: “Se refiere al grado de profundidad con el que se aborda un fenómeno u objeto de estudio”. Así mismo define “El nivel de investigación descriptivo consiste; en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.” (Fideas G. Arias, 2012).

El nivel de investigación para este trabajo consistió en un nivel descriptivo ya que permitió diagnosticar y analizar, para luego establecer sugerencias de corrección que dependieron de la profundidad de los conocimientos.

3.4. Población y muestra

· Población

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (Hernández, Fernández y Baptista, 2006). De acuerdo a esta definición, el universo de este trabajo de campo estuvo constituido por la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes. Con respecto a la población, Arias (2012) señala lo siguiente: la población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Esta queda delimitada por el problema y por los objetivos de estudio. (p. 81). En atención a ello, dentro de la finca los sujetos informantes fueron los responsables de su gestión, representados por sus propietarios.

· Muestra

En relación con la muestra, Arias (2012) expresa que: “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. En este sentido, una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a la del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido”. (p.83).

Para fines de esta investigación la muestra coincidió con la población, por lo cual abarco a los propietarios de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.

3.5. Técnicas de recolección de datos

Sabino C (2010), define los datos como “cada uno de los elementos de información que se recoge durante el desarrollo de una investigación y sobre la base de los cuales, convenientemente sintetizados, podrán extraerse conclusiones de relevancia en relación al problema inicial planteado”. (p. 82). Con la finalidad de recolectar datos se emplearon las técnicas, tanto cuantitativas como cualitativas

Para Hernández, Fernández y Baptista (2006), el proceso de recolección de información: “Es la etapa que consiste en recolectar los datos pertinentes sobre las variables involucradas en la investigación” (p. 234). En tal sentido, Ramírez (2009), apunta que la técnica de recolección de datos Es un procedimiento más o menos estandarizado que se ha utilizado con éxito en el ámbito de la ciencia” (p. 137).

En este trabajo de grado se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos: observación directa, revisión documental, revisión bibliográfica y encuestas.

- **Observación directa**

De acuerdo a lo antes mencionado, es necesario tener en consideración la definición de observación directa: según el libro “El Proceso de la Investigación” de Sabino, C. (2010), señala que: "La observación directa es aquella a través de la cual se puedan conocer los hechos y situaciones de la realidad social". (p. 134).

- **Revisión Documental**

Arias (2012), lo define como “Un proceso basado en la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos secundarios, es decir, los obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales: impresas, audiovisuales o electrónicas”. Por medio de la recopilación documental se obtuvo información de datos a partir de documentos escritos o no escritos propios de la empresa, que contienen información que fue utilizada dentro de la investigación.

- **Revisión Bibliográfica**

Gálvez A (2002), la define como “Un procedimiento estructurado cuyo objetivo es la localización y recuperación de información relevante para un usuario que quiere dar respuesta a cualquier duda relacionada con su práctica, ya sea esta clínica, docente, investigadora o de gestión.” Mediante esta técnica se elaboró una base teórica a cada una de las herramientas utilizadas en los objetivos, se revisaron trabajos de grado con problemáticas similares, así como también libros y páginas electrónicas que permitieron la conformación del marco teórico referencial del estudio.

- **Encuesta**

La Encuesta está definida por Arias (2012) como “Una técnica que pretende obtener información que suministra un grupo o muestra de sujetos acerca de sí mismos, o en relación con un tema en particular”. Siguiendo este orden de ideas, la encuesta no es más que un instrumento conformado por una serie de preguntas con secuencia lógica la cual tiene como finalidad obtener información valiosa acerca de algún tema en específico.

3.6. Instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2012), define que: “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información” (p. 68). Los instrumentos giran en torno a las técnicas que los investigadores han de seleccionar para su investigación; en concreto, van a ser éstos el físico que contuvo toda la información recabada. En la investigación se utilizó como instrumento el cuestionario.

- **El cuestionario.**

Según Arias (2012) un cuestionario: “son formatos que establecen previamente las opciones de respuesta que puede elegir el encuestado. Éstas se clasifican en: dicotómicas: cuando se ofrecen sólo dos opciones de respuesta; y de selección simple, cuando se ofrecen varias opciones, pero se escoge sólo una”. (p. 74)

En relación a estos aspectos mencionados, se diseñó una encuesta tipo cuestionario dicotómico con una secuencia y sentido lógico, orientada a resaltar aspectos relevantes apreciados por la población estudiada, con el fin de dar al investigador evidencia palpable y confiable de las dificultades existentes dentro de los procesos del objeto de estudio.

3.7. Técnicas de Análisis de Resultados

Una vez aplicado los instrumentos, y recolectada la información, en este caso el cuestionario, se procedió a la tabulación y análisis de los datos de acuerdo a las técnicas de la estadística descriptiva, luego fueron registrados en cuadros, cuyos resultados se complementaron con gráficas, permitiendo una mejor interpretación de los datos obtenidos

3.8. Fase de la investigación

Ø Fase I. Diagnóstico de la situación hidrológica actual de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes

En esta primera fase se realizó el diagnóstico de las condiciones del suelo para obtener información del terreno. Las características de la zona, que son necesarias para realizar el diseño del sistema, como la ubicación y tamaño del mismo, la topografía, la disponibilidad de agua, ubicación de la toma de agua, especie y variedad a plantar, así como también el tipo de suelo y sus características.

Ø Fase II. Descripción de técnicas para la cosecha agua de lluvia utilizados en áreas agrícolas

Permitió dar a conocer un conjunto de procedimientos prácticos para la cosecha de agua de lluvia en la finca Nazareno de Tinaquillo, Edo. Cojedes. Se especificaron las diferentes técnicas para determinar cuál es la más adecuada para almacenar agua de lluvia y/o esorrentía, las cuales pueden utilizarse en las diferentes actividades agropecuarias y otros quehaceres domésticos especialmente en lugares donde carecen de agua para dichos fines.

Ø Fase III. Diseño del sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo Cojedes.

Comprendió la identificación y descripción de elementos de captación, distribución y almacenamiento, tomando en consideración las técnicas de cosecha de

agua de lluvia que mejor se adaptaron a las características de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.

Ø Fase IV. Estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad.

Finalmente, se determinó el impacto del proyecto sobre el medio ambiente con el fin de minimizar deterioros en el mismo. De igual forma, se generó un análisis técnico que permitió optimizar los recursos y obtener los resultados deseados y el último, no menos importante, detalló el aspecto económico donde se evidencia la inversión inicial y que el mantenimiento sea rentable.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

El estudio de un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo Edo Cojedes, conlleva a obtener una serie de informaciones y datos, que se presentan en relación a cada fase de investigación.

4.1. Fase I. Diagnóstico de la situación hidrológica actual de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes

Con el fin de tener una idea clara de la situación actual de la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, se recolectó información acudiendo al sitio, identificando los siguientes aspectos:

4.1.1. Localización del proyecto

4.1.1.1. Ubicación político territorial.

- Municipio: Tinaquillo
- Parroquia: Tinaquillo
- Ciudad: Tinaquillo
- Sector: Los manantiales
- Estado: Cojedes

Plano de ubicación político territorial se logra observar en la figura 12.



Figura 12. Tinaquillo, Estados Cojedes.
Fuente: Wikipedia.

4.1.1.2. Linderos del terreno

La finca en estudio como se muestra en la figura 1 se encuentra definida de la siguiente manera, junto a coordenadas extraídas de Google Maps:

- Norte: Av. Tamanaco. (9.926293, -68.349050)
- Sur: calle ciega. (9.924245, -68.348988)
- Este: cerca de finca vecina. (9.924999, -68.347252)
- Oeste: Av. Los Manantiales. (9.925644, -68.350255)

4.1.2. Altitud y clasificación climática

La zona presenta una altitud promedio de 420 MSNM, al ser un terreno con poca variabilidad de altitud, define un solo piso climático, el cual se define como tropical, a su vez origina el siguiente bioclima: bosque tropóficomicrotermico (según Holdrige).

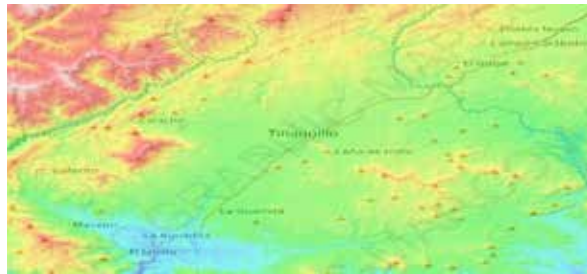


Figura 13. Altitud, Tinaquillo, Estados Cojedes.
Fuente: Wikipedia.

4.1.3. Precipitación

Como no se recabó información oficial de la estación pluviométrica de Tinaquillo, se tomó en cuenta la cantidad de lluvia que cae en dicha región en base a datos probabilísticos. Con la información obtenida en <https://es.weatherspark.com/y/27368/Clima-promedio-en-Cojedes-Venezuela-durante-todo-el-a%C3%B1o>, el cual recopila las variables meteorológicas de ciertas regiones del planeta, se obtuvo la probabilidad y cantidad diaria de lluvias en Tinaquillo Estado Cojedes. Se decidió tomar en cuenta para algunos cálculos.

En el cuadro 1, se evidenció la probabilidad diaria de lluvias. Tomando 4 días de cada mes del año y con ello se obtuvo la probabilidad de lluvias por mes.

finca Nazareno, Tinaquillo, durante el periodo de verano se ve limitada, ya que el manejo del recurso hídrico está en función de las necesidades de la parcela.

Su alternativa de abastecimiento del vital líquido fue a través de la creación de pozos profundos, actualmente cuenta con dos pozos y un aljibe, la cual usan para el riego de siembra, quehaceres y ganadería.

4.1.4.2. Demanda de agua en la finca

Es el volumen de agua necesario para que se puedan realizar todas las actividades, ya sean de carácter agrícola, pecuaria o comercial, en un determinado lugar.

- Dotación de agua para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares

Tomando en cuenta la Gaceta Oficial No 4044 de Normas Sanitarias de Venezuela en donde podemos ubicar la cantidad de agua que necesitarían lo familiares para desarrollar sus actividades cotidianas, ésto según área total de la parcela. El área de construcción de la vivienda unifamiliar representa es de 0,36 Ha y el área total es de 7,2 Ha, por lo que ésta representa el 5% por lo que solo se tomara este 5% utilizado. (Ver figura 16).

TABLA N° 7
DOTACIONES DE AGUA PARA EDIFICACIONES
DESTINADAS A VIVIENDAS UNIFAMILIARES

	Área total de la parcela m ²	Dotación de agua lit/día
Hasta	200	1.500
201	300	1.700
301	400	1.900
401	500	2.100
501	600	2.200
601	700	2.300
701	800	2.400
801	900	2.500
901	1.000	2.600
1001	1.200	2.800
1201	1.400	3.000
1401	1.700	3.400
1701	2.000	3.800
2001	2.500	4.500
2501	3.000	5.000
Mayores de	3.000	5.000

* máx 100 L/d, por cada 100 m² de superficie adicional

Figura 14. Tabla No 7 Gaceta 4044 Normas Sanitarias de Venezuela.
Fuente: Arévalo y López

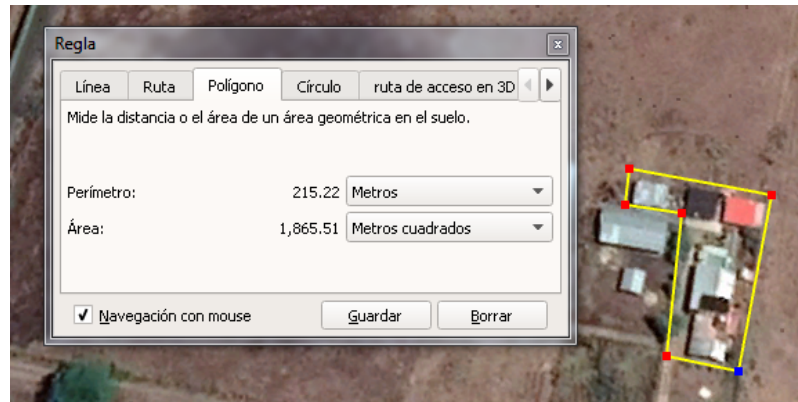


Figura 15. Área de construcción de vivienda Finca Nazareno.
Fuente: Arévalo y López

Por lo tanto, la dotación para una vivienda unifamiliar de 3.600m² es de 3.800lts/día

- Dotación de agua para edificaciones destinadas a la cría de animales

En este caso, por medio de una entrevista al dueño de la finca se supo cantidad de animales que regularmente se tienen en ella que son bovinos, porcinos, pollos, gallinas y patos.

TABLA 10
DOTACIONES DE AGUA PARA EDIFICACIONES DESTINADAS AL ALOJAMIENTO, CUIDADO Y CRÍA DE ANIMALES

Edificaciones para	Dotaciones l/d/animal
Ganado lechero	120
Bovinos	40
Ovinos	10
Equinos	40
Porcinos	10-30
Pollos, gallinas, pavos, pastos, gansos	20 l/d/cada 100 aves

Figura 16. Tabla No 10 Gaceta 4044 Normas Sanitarias de Venezuela.
Fuente: Arévalo y López

Obtenemos una dotación final por la cantidad de animales de granja en la parcela de 600lt/día.

Dotación destinada a animales
Cuadro 4

Fuente: Arévalo y López.

- Cálculo de la Dotación de agua destinada a la agricultura

La demanda de agua de un cultivo depende directamente del tipo rubro a cosechar y de la evapotranspiración del mismo, adicionalmente, debemos tomar en cuenta que la cantidad de agua real que requiere el mismo es disminuida por las precipitaciones a la que es expuesta. El requerimiento de agua del cultivo viene dado por la siguiente ecuación:

$$Et = Kc \ Eto$$

Et: requerimiento de agua de un cultivo (mm/unidad de tiempo)

Kc: Factor del cultivo

Eto: Evapotranspiración del cultivo

El factor Kc varía en el tiempo desde que es plantado hasta que el mismo es cosechado, por lo que el cultivo no posee un mismo factor a lo largo de su vida, las etapas cada cultivo son inicial, media y final, todas con una demanda de agua distintita, en nuestro caso se tomó un Kc promedio de cada rubro obtenido, ya que fue necesario saber cuánta agua necesita a lo largo de su vida, los valores a continuación son propuestos por la FAO (<http://www.fao.org/home/es/>). (Ver cuadro 5)

**Obtención de Eto
Cuadro 6**

Evapotranspiración Método de Turc				
P (mm/Año)	T (°C)	L	Eto (mm/Año)	Eto (mm/día)
865,25	28	2097,6	836,41	2,29

Fuente: Arévalo y López.

Ya obtenido los valores de Kc y la Evapotranspiración de cada cultivo podemos calcular el requerimiento de agua. (Ver Cuadro 7).

**Requerimiento de agua
Cuadro 7**

Requerimiento de Agua por Cultivo				
Tipo de Cultivo	Kc	Eto (mm/día)	Et (mm/día)	Et (mm/mes)
Maíz	0,83	2,29	1,91	57,25
Yuca	0,57	2,29	1,30	38,93
Granos	0,70	2,29	1,60	48,09
Aguacate	0,73	2,29	1,68	50,38
Pimentones	0,71	2,29	1,62	48,66
Tomates	0,70	2,29	1,60	48,09
Algodón	0,70	2,29	1,60	48,09
Melón	0,47	2,29	1,07	32,06
Papa	0,80	2,29	1,83	54,96
Zanahoria	0,90	2,29	2,06	61,83
Platano	0,70	2,29	1,60	48,09

Fuente: Arévalo y López.

Tomando en cuenta que el requerimiento de agua del cultivo es disminuido por la precipitación en la región en donde se encuentre, este se verá alterado de en los distintos meses del año. Para ello se cuenta con resumen de precipitación mensual (Ver Cuadro 3) en donde muestra la precipitación promedio en la región de Tinaquillo, Estado Cojedes. Con la siguiente ecuación se calcula el requerimiento de agua real del cultivo.

$$Etr = Et - P$$

Etr: Requerimiento de agua real del cultivo (mm/tiempo)

Et: Requerimiento de agua del cultivo (mm/tiempo)

P: Precipitación media Anual (mm/tiempo)

A continuación, se presenta el requerimiento de agua real para el maíz, yuca, aguacate, plátano, los cuales son rubros que con frecuencia siembran en La Finca Nazareno, ya que son rubros que mejor se adaptan a la región.

**Requerimiento de agua para el maíz
Cuadro 8**

Requerimiento de Agua del Maíz			
MES	PRECIPITACION REAL (mm/mes)	Et (mm/mes)	Et real (mm/mes)
Enero	0,29	57,25	56,96
Febrero	0,35		56,90
Marzo	2,15		55,11
Abril	22,55		34,70
Mayo	55,09		2,16
Junio	75,82		-18,57
Julio	82,01		-24,76
Agosto	65,69		-8,44
Septiembre	48,75		8,50
Octubre	39,37		17,88
Noviembre	17,30		39,95
Diciembre	3,16		54,09

Fuente: Arévalo y López.

Requerimiento de agua para la yuca
Cuadro 9

Requerimiento de Agua de la Yuca			
MES	PRECIPITACION REAL (mm/mes)	Et (mm/mes)	Et real (mm/mes)
Enero	0,29	38,93	38,64
Febrero	0,35		38,58
Marzo	2,15		36,79
Abril	22,55		16,38
Mayo	55,09		-16,16
Junio	75,82		-36,89
Julio	82,01		-43,08
Agosto	65,69		-26,76
Septiembre	48,75		-9,82
Octubre	39,37		-0,44
Noviembre	17,30		21,63
Diciembre	3,16		35,77

Fuente: Arévalo y López.

Requerimiento de agua para el aguacate
Cuadro 10

Requerimiento de Agua del Aguacate			
MES	PRECIPITACION REAL (mm/mes)	Et (mm/mes)	Et real (mm/mes)
Enero	0,29	50,38	50,09
Febrero	0,35		50,03
Marzo	2,15		48,24
Abril	22,55		27,83
Mayo	55,09		-4,71
Junio	75,82		-25,44
Julio	82,01		-31,63
Agosto	65,69		-15,31
Septiembre	48,75		1,63
Octubre	39,37		11,01
Noviembre	17,30		33,08
Diciembre	3,16		47,22

Fuente: Arévalo y López.

Requerimiento de agua para el plátano
Cuadro 11

Requerimiento de Agua del platano			
MES	PRECIPITACION REAL (mm/mes)	Et (mm/mes)	Et real (mm/mes)
Enero	0,29	48,09	47,80
Febrero	0,35		47,74
Marzo	2,15		45,95
Abril	22,55		25,54
Mayo	55,09		-7,00
Junio	75,82		-27,73
Julio	82,01		-33,92
Agosto	65,69		-17,60
Septiembre	48,75		-0,66
Octubre	39,37		8,72
Noviembre	17,30		30,79
Diciembre	3,16		44,93

Fuente: Arévalo y López.

Los valores que se reflejan anteriormente indican el requerimiento de agua real de los diferentes rubros. Nótese que los valores negativos dan conocer los meses del año en los cuales la precipitación suple la demanda agua que necesita el cultivo. Además, se evidencia en naranja que la cantidad de agua necesaria varía por especie de cultivo, fecha de siembra, tiempo de duración del cultivo, entre otros factores.

De acuerdo a la encuesta realizada al dueño de la finca, se evidencia que los rubros que ha sembrado en su terreno con más frecuencia son el maíz, el plátano, el aguacate y el limón. Además, hoy en día, se siembra una cuarta parte de lo sembrado hace 5 años atrás. Tomando en cuenta lo antes mencionado se calculará la demanda de agua destinada a la agricultura en función de los cultivos de mayor requerimiento.

Se estudiarán el requerimiento de agua en función a 1 Hectárea de siembra. Se debe tomar en cuenta las siguientes variables: fecha de inicio de la siembra, tiempo de duración del cultivo según la región, puesto que son indispensables para la evaluación de la demanda de agua. El aguacate y el plátano no serán considerados para este

estudio ya que estos tienen la característica de poseer un largo periodo de vida en el que pueden ser cosechados en más de una oportunidad. (Ver Cuadro 12)

Tiempo de duración
Cuadro 12

Tipo de Cultivo	Fecha Promedio de Inicio de siembra en Venezuela	Tiempo de Duración (días)
Maíz	- Octubre)	90
Yuca	Junio	210 - 300
Aguacate	Marzo - Junio	-
Zanahoria	Abril - Junio	100
Platano	Mayo - Septiembre	-

Fuente: Arévalo y López.

Estos estudios se realizaron con el fin de calcular y comparar la demanda en los siguientes casos, para posteriormente verificar la factibilidad de la cosecha de agua de lluvia en La Finca Nazareno. Los cuadros en naranja significa el tiempo en meses de la siembra y la fecha en que normalmente se siembra.

Casos: Requerimiento de agua en función al área de siembra actual, para los rubros: maíz, yuca, 1 Hectárea.

**Requerimiento de agua para el maíz.
Cuadro 13**

Requerimiento de Agua del Maíz para 1Ha			
MES	Et real (mm/mes)	Área de Siembra (m²)	Et real (Lts/mes)
Enero	56,96	10000,00	569.612,50
Febrero	56,90	10000,00	569.031,25
Marzo	55,11	10000,00	551.050,00
Abril	34,70	10000,00	346.975,00
Mayo	2,16	10000,00	21.625,00
Junio	-18,57	10000,00	-185.650,00
Julio	-24,76	10000,00	-247.643,75
Agosto	-8,44	10000,00	-84.350,00
Septiembre	8,50	10000,00	84.971,88
Octubre	17,88	10000,00	178.825,00
Noviembre	39,95	10000,00	399.531,25
Diciembre	54,09	10000,00	540.875,00
			1.752.478,13

Fuente: Arévalo y López.

Tomando en cuenta 2 siembras en diferentes meses de los cuales no da abasto la lluvia. El valor negativo indica que suple el requerimiento hídrico en el mes correspondiente.

**Requerimiento de agua para la yuca.
Cuadro 14**

Requerimiento de Agua de la Yuca para 1Ha			
MES	Et real (mm/mes)	Área de Siembra (m²)	Et real (Lts/mes)
Enero	38,64	10000,00	386.412,50
Febrero	38,58	10000,00	385.831,25
Marzo	36,79	10000,00	367.850,00
Abril	16,38	10000,00	163.775,00
Mayo	-16,16	10000,00	-161.575,00
Junio	-36,89	10000,00	-368.850,00
Julio	-43,08	10000,00	-430.843,75
Agosto	-26,76	10000,00	-267.550,00
Septiembre	-9,82	10000,00	-98.228,13
Octubre	-0,44	10000,00	-4.375,00
Noviembre	21,63	10000,00	216.331,25
Diciembre	35,77	10000,00	357.675,00
			1.346.250,00

Fuente: Arévalo y López.

En los cuadros anteriores podemos apreciar la demanda total en litros para los dos rubros en estudio, para 1 hectárea de siembra, para calcular la demanda se sumaron los valores de requerimiento en los meses en los que se inicial la siembra hasta que termina. Obteniendo un requerimiento de agua real para el maíz, yuca en las diferentes áreas de cultivo.

4.2. Fase II. Descripción de técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas

Para seleccionar el método más idóneo a utilizar en la cosecha de agua de lluvia en la finca Nazareno de Tinaquillo, Edo. Cojedes, se contemplaron los criterios para determinar cuál es el mejor método para almacenar agua de lluvia y/o esorrentía incluyen:

- El objetivo por el cual ésta se recolecta.

- La pendiente del terreno.
- Las características del suelo.
- Los costos de construcción.
- La cantidad, intensidad y distribución estacional de las lluvias.
- Factores sociales tales como la tenencia de la tierra y las prácticas tradicionales del uso del agua.

En atención a estos aspectos, las técnicas más viables en las áreas agrícolas contemplan:

- 1. Microcaptación:** Los sistemas de captación del agua de lluvia, dedican una parte del terreno a la escorrentía del agua y otra parte del terreno para almacenar el agua que previamente escurrió. Ambas áreas deben estar acondicionadas para que cumplan eficientemente con sus objetivos.

Esta técnica se diferencia de la captación general básicamente en tres aspectos:

- Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, industriales, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- Porque el área de escorrentía, está formada por microcaptaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.
- Porque el área de almacenamiento incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

- 2. Macrocaptación:** se utiliza en regiones semiáridas o áridas, aunque algunas captaciones externas se aplican también en regiones subhúmedas. Es similar a la anterior, pero en áreas más grandes, sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo.

3. **Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas:** estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas. Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez).
4. **Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables:** Es la modalidad más conocida y difundida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Consiste en captar la escorrentía producida en techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas. La captación de esta agua, es la de mejor calidad para consumo doméstico.

 - **Captación de aguas subterráneas y freáticas:** En muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción.
 - **Captación de agua atmosférica:** En algunas condiciones de clima y orografía, es factible la captura y aprovechamiento de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla.
 - **Técnicas para terrenos planos:** reservorio semitechado, etc. (imágenes y descripción)

La selección de las técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas, dependerá de los requerimientos que presente la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, para desarrollar su implementación.

4.3. Fase III. Diseño del sistema de aprovechamiento a través de la cosecha de aguas de lluvia para el riego de cultivo en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.

Se utilizaron los métodos: **cosecha de agua de techos de vivienda y microcaptación**, se describe a continuación cada uno.

4.3.1. Cosecha de agua de techos de vivienda.

La finca Nazareno, consta de 3 tres galpones, 1 vivienda principal unifamiliar, 3 viviendas secundarias y 1 pequeño depósito, las cuales son estructuras que nos permiten cosechar las aguas a través de sus techos. El techo capta el agua de lluvia para luego ser retenida y dirigida por canales hacia los depósitos para su aprovechamiento. (Ver figura 17)

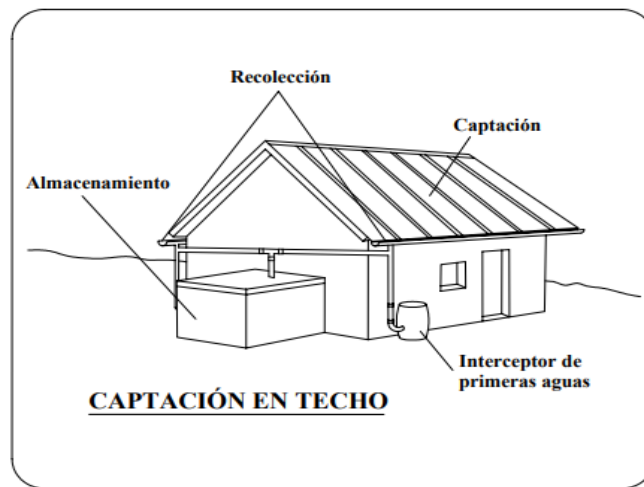


Figura 17. Sistema típico de captación de agua lluvia en techos.

Fuente: Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. CEPIS, 2004.

El volumen de agua captado por los techos de las estructuras, son obtenidos mediante la siguiente ecuación.

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

A_i : Oferta mensual de agua de lluvia en el techo (m^3)

P_{pi} : Precipitación promedio (lt/m^2)

C_e : coeficiente de escorrentía (Adim)

A_c : Área de captación (m^2)

1000: Factor de conversión de litros a m³

En este caso realizarán 2 sistemas para los galpones A1 y A2, ya que están cerca del área que es utilizada para agricultura cuyas aéreas son de 258 m y 240 m² respectivamente. (Ver cuadro 15)



Figura 18. Finca Nazareno, área destinada a la cosecha.
Fuente: Arévalo y López (Google Earth).

calamina metálica	0.9
tejas de arcilla	0.8 - 0.9
madera	0.8 - 0.9
paja	0.6 - 0.7

Figura 19. Coeficiente de escorrentía para techos según su material
Fuente: Arévalo y López.

Tomando en cuenta el área de los techos de los galpones A1 y a A2, el coeficiente de los materiales del mismo y un promedio de la precipitación a mensual obtenemos:

Agua de lluvia captada en los techos del galón A1 y A2
Cuadro 15

Agua de lluvia captada por el techo, Galpon A1					
Mes	Área (m ²)	Ce	Ppi (Lt/m ²)	Ai (m ³ /mes)	Ai (m ³ /día)
ENERO	258,00	0,90		1,63	0,05
FEBREO	258,00	0,90		1,74	0,06
MARZO	258,00	0,90		5,11	0,17
ABRIL	258,00	0,90		16,89	0,56
MAYO	258,00	0,90		26,24	0,87
JUNIO	258,00	0,90		29,84	0,99
JULIO	258,00	0,90		30,59	1,02
AGOSTO	258,00	0,90		26,30	0,88
SEPTIEMBRE	258,00	0,90		23,16	0,77
OCTUBRE	258,00	0,90		21,01	0,70
NOVIEMBRE	258,00	0,90		13,06	0,44
DICIEMBRE	258,00	0,90		5,34	0,18
Agua de lluvia captada por el techo, Galpon A2					
Mes	Área (m ²)	Ce	Ppi (Lt/m ²)	Ai (m ³ /mes)	Ai (m ³ /día)
ENERO	240,00	0,90		1,51	0,05
FEBREO	240,00	0,90		1,62	0,05
MARZO	240,00	0,90		4,75	0,16
ABRIL	240,00	0,90		15,71	0,52
MAYO	240,00	0,90		24,41	0,81
JUNIO	240,00	0,90		27,76	0,93
JULIO	240,00	0,90		28,46	0,95
AGOSTO	240,00	0,90		24,46	0,82
SEPTIEMBRE	240,00	0,90		21,55	0,72
OCTUBRE	240,00	0,90		19,55	0,65
NOVIEMBRE	240,00	0,90		12,15	0,41
DICIEMBRE	240,00	0,90		4,97	0,17

Fuente: Arévalo y López

A través de los cuales, se estimó las dimensiones de un tanque de almacenamiento que permita retener la cantidad de agua captada por los techos de dichas estructuras. Se puede almacenar el agua en tanques de Polietileno o en tanques de concreto armado, para el caso de la finca Nazareno, se propuso 2 tanques de polietileno de alta densidad.

Por lo tanto, se colocará a un lado de cada estructura un tanque. Este almacenará un volumen de agua promedio tomando en cuenta la época del año con mayor

precipitación, ésta época está comprendida entre los meses mayo y octubre, que aportan un caudal de 1,02m³/día que equivale a 1.000 litros por día.



Modelo	Diámetro Superior (cm)	Diámetro Inferior (cm)	Altura (cm)
250	87	62	84
750	122	94	105
900	125	90	125
1000	108	105	107
1100	145	109	120
1300	145	96	139
1500	156	116	129
2000	168	127	158
3000	185	144	170
5000	216	174	181
6000	232	170	242

Figura 20. Modelos de tanques

Fuente: Arévalo y López.

Se tomó como referencia San Carlos en el apéndice 56 (Ver figura 21), el cual arroja una intensidad de lluvia de 150 milímetros por hora, con duración de diez minutos y frecuencia de 5 años. Se usó las tablas 47 y 48 para el tamaño de canales. Nota: en la práctica a los edificios por razones de mantenimiento el diámetro mínimo es de 4” para bajantes y colectores.

De acuerdo a lo dispuesto en la Gaceta Oficial 4044, en el Capítulo XXXII de la recolección y disposición de aguas de lluvia, específicamente el Artículo 464: cuando la recolección de las aguas de lluvia de los techos, se proyectan canales semicirculares, su capacidad se determinará de acuerdo con lo indicado en el artículo 459° y en función de la pendiente de la canal. En la Tabla 46, se indican las áreas máximas de proyección horizontal que pueden ser drenadas por canales de sección semicircular de distintos diámetros e instalados con diferentes pendientes. Estas áreas han sido calculadas para una intensidad de lluvia de 150 milímetros por hora, con

duración de diez minutos y frecuencia de 5 años. Si la intensidad de la lluvia en una localidad dada, es diferente a la indicada, las áreas anotadas deberán modificarse proporcionalmente, multiplicándolas por 150 y dividiéndolas por la intensidad de la lluvia local, en milímetros por hora.

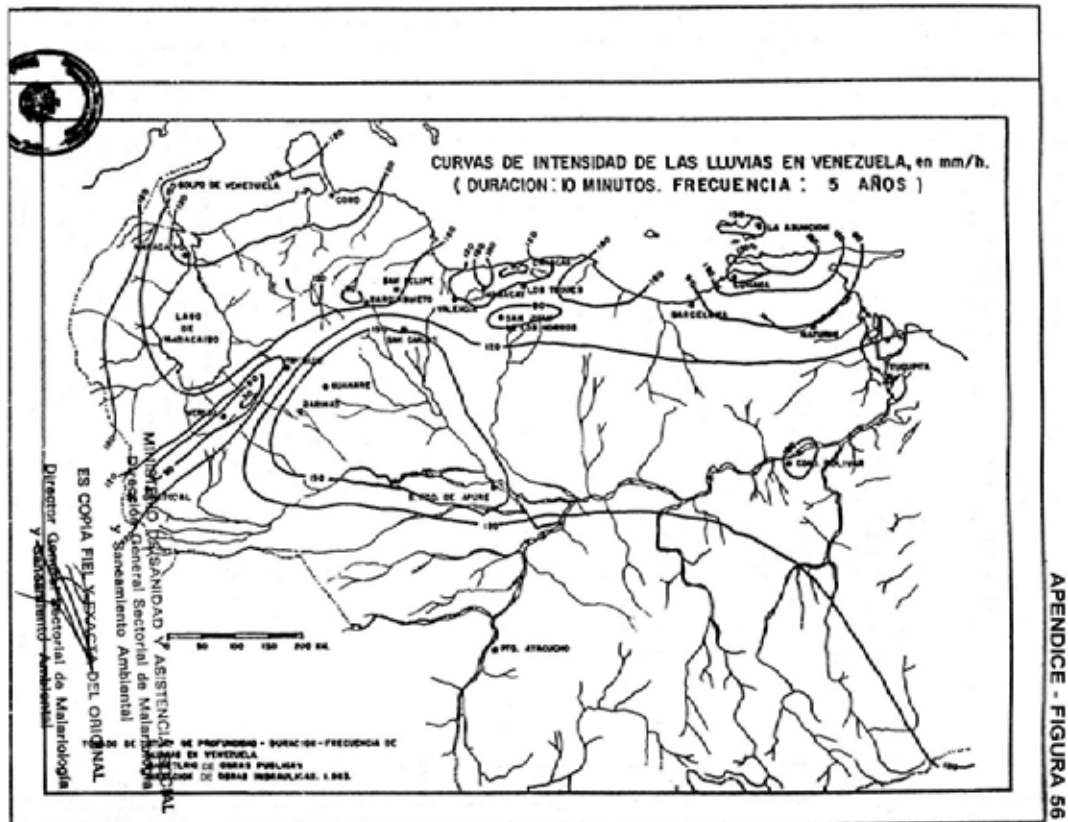


Figura 21. Curvas de Intensidad de lluvia
Fuente: Fuente: Gaceta Oficial 4044, apéndice – figura 56.

Tamaño de canales
Cuadro 16

F u e n t e : G a c e t a O	<p style="text-align: center;">Galpón 1 (horizontal)</p> <p>Mide total 258 m²</p> <p>- El área de mitad del techo es de 129 m², posee una precipitación de 150 mm/hora, para el tramo AB la cual arrojó un diámetro de sección semicircular de 4" en la tabla 47, con una capacidad de 172 m² con drenaje de agua de lluvia.</p> <p>- Para el tramo BC, se usó un diámetro de 4" al 2%, tabla 48.</p> <p>- Para el tramo CD, drenaje hacia el terreno arrojó un diámetro de 6" al 2% para soportar un área de agua servida de 470 m².</p>
F i c i a l O C a p i t	<p style="text-align: center;">Galpón 2 (vertical)</p> <p>Mide total 240 m²</p> <p>- El área de mitad del techo es de 120 m², posee una precipitación de 150 mm/hora, para el tramo AB la cual arrojó un diámetro de sección semicircular de 4" en la tabla 47, con una capacidad de 172 m² con drenaje de agua de lluvia.</p> <p>- Para el tramo BC, se usó un diámetro de 4" al 2%, tabla 48.</p> <p>- Para el tramo CD, drenaje hacia el terreno arrojó un diámetro de 6" al 2% para soportar un área de agua servida de 470 m².</p>

Fuente: Gaceta Oficial 4044, Capítulo XXXII de la Recolección Y Disposición de Aguas De Lluvia mediante las tablas 47 y 48.

4.3.2. Cálculo del almacenamiento por el método de microcaptación

Para el cálculo de la cosecha de agua por el método de microcaptación se consideran las siguientes variables: área de captación, precipitación, evaporación, infiltración del suelo.

Con ayuda de softwares como lo son Google Earth, Global Mapper y AutoCad, obtuvimos las curvas de nivel de la zona en estudio que contribuyo a comprender el movimiento de la escorrentía superficial sobre el terreno y en dónde se logra almacenar dicho flujo.

En la figura 22, se observa la finca con sus curvas de nivel y en la esquina inferior izquierda un cuadro que representa la parte del terreno donde se propone el estanque de almacenamiento.



Figura 22. Finca Nazareno con curvas de nivel.

Fuente: Arévalo y López (Google Earth, Global Mapper).

Área de captación: será toda aquella que se pueda encauzar y con ayuda de la pendiente del terreno pueda almacenarse en una zona determinada del mismo. El área de captación de terreno es de 36.900 m² (Ver figura 23).



Figura 23. Punto de concentración del terreno en la Finca Nazareno

Fuente: Arévalo y López (Google Earth).

Para calcular el agua que se puede almacenar en el punto de concentración de la figura 24, se tomó la precipitación obtenida para los meses más lluviosos los cuales están comprendidos desde el mes de mayo hasta el mes de octubre, multiplicando dicha precipitación por del área de captación, considerando que 1 mm agua de lluvia equivale a 1 litro por cada metro cuadrado.

Para obtener el valor verdadero se tomó como principio fundamental el balance hídrico el cual indica que debe haber un equilibrio entre todos los recursos hídricos que entran en un sistema y los que sale del mismo, en un intervalo de tiempo. Por lo tanto, se apreciaron los valores que afectan al sistema como la evaporación y la infiltración.

La infiltración está estrechamente relacionada con el coeficiente de escorrentía, que representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada. Este último se calcula utilizando el método de Raws, el método de Malchanov, el método Prevert y la formula de Ndal.

La Finca Nazareno, presenta un suelo limoso – arcilloso, el terreno tiene una pendiente promedio de 1,4% y un suelo para uso agrícola. El método de Prevert es el más indicado para aplicar, ya que éste se adapta a la información recopilada del terreno. (Ver figura 25).



Figura 24. Suelo de Finca Nazareno
Fuente: Arévalo y López

Con estos datos y con ayuda de la tabla de Prevert obtenemos un coeficiente de escorrentía de 0,50. (Ver figura 25).

Método de Prevert				
Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo (%)		
		Arenos-limoso Limoso-arenoso	Limoso Limoso-arcilloso	Arcilloso
Bosque	0 – 5	0,10	0,30	0,40
	5 – 10	0,25	0,35	0,50
	10 – 30	0,30	0,40	0,60
	> 30	0,32	0,42	0,63
Pastizal	0,15	0,15	0,35	0,45
	5 – 10	0,30	0,40	0,55
	10 – 30	0,35	0,45	0,65
	>30	0,37	0,47	0,68
Cultivo agrícola	0 – 5	0,30	0,50	0,60
	5 – 10	0,40	0,66	0,70
	10 – 30	0,50	0,70	0,80
	> 30	0,53	0,74	0,84

Figura 25. Método de Prevert
Fuente: Arévalo y López

El cuadro 17 indica la cantidad de agua de lluvia obtenida por el método de microcaptación, tomando en consideración las variables involucradas en el sistema, como son: la precipitación, escorrentía, área de captación.

Agua obtenida por Microcaptación
Cuadro 17

MES	Precipitacion Real (mm/mes)	Escorrentia	Área de captación (m ²)	Agua obtenida por Microcaptación (Lts/mes)
Enero	0,29	0,5	36900	5.327,44
Febrero	0,35	0,5	36900	6.399,84
Marzo	2,15	0,5	36900	39.575,25
Abril	22,55	0,5	36900	416.093,63
Mayo	55,09	0,5	36900	1.016.364,38
Junio	75,82	0,5	36900	1.398.786,75
Julio	82,01	0,5	36900	1.513.165,22
Agosto	65,69	0,5	36900	1.211.888,25
Septiembre	48,75	0,5	36900	899.489,39
Octubre	39,37	0,5	36900	726.330,38
Noviembre	17,30	0,5	36900	319.127,34
Diciembre	3,16	0,5	36900	58.348,13
				7.610.895,98

Fuente: Arévalo y López.

En el cuadro 17 se muestra la cantidad de litros que se obtiene por el método de microcaptación en los distintos meses, obteniendo un total de 7.610.895,98 litros/mes.

Sistema de almacenamiento de aguas de lluvia por microcaptación

Los objetivos de la microcaptación de agua de lluvia se refieren a aumentar la disponibilidad de agua para las plantas, mitigar los efectos de la sequía; propiciar una producción sostenible y mejorar el entorno ecológico.

De acuerdo a las características del terreno se diseña un estanque excavado, cuyas dimensiones dependerán del volumen de aguas de lluvia obtenidas por microcaptación, es necesario tomar en cuenta las variables infiltración, evaporación

del agua y demanda máxima del cultivo, debido a que éstas disminuyen la cantidad de agua total que se podrá almacenar.

- La evaporación

Se presenta, cuando el agua permanece en un punto de almacenamiento, como lo es en un lago o laguna. Dado es el caso, de La Finca Nazareno, donde se propone diseñar un estanque de almacenamiento, en el cual hay que considerar dicha variable.

Para el cálculo de la evaporación en este caso, es necesario utilizar las formulas empíricas propuestas por Visentini, donde aplica cálculos aproximados en superficies liquidas situadas en bajas cotas.

Para lagos o embalses con cota inferior a 200 msnm:

$$E = 75 t$$

Para lagos o embalses con cota entre 200 y 500 msnm:

$$E = 90 t$$

Para lagos o embalses con cota superior a 500 msnm:

$$E = 90 t + 300$$

E: Evaporación anual (mm/Año)

t: Temperatura media anual (°C)

**Evaporación media de lagos y embalses
Cuadro 18**

Fuente: Arévalo y López

La evaporación tiene un valor de 6,90 mm/día, que equivalen a 6,9 litros por cada metro cuadrado del estanque o lago en donde está almacenado. (Ver cuadro 18)

Cabe destacar que en la evaporación existen variables como la temperatura del agua, la temperatura del aire, el viento, la insolación, etc. que juegan roles muy importantes para la estimación de la misma. Además de métodos como, tanques de evaporación, balance hídrico, balance de energía, fórmulas de Penman que también permiten calcular la evaporación en lagos y embalses. Los mencionados anteriormente no fueron utilizados por falta de información.

- La Infiltración

Para que no exista infiltración en el suelo del estanque se hará uso de una geomembrana, que son laminas geosintéticas que aseguran la estanquidad de una superficie. Generalmente están hechas de polietileno de alta y baja densidad (HDPE, VFPE), de elastómero bituminoso, de polipropileno (PP) o en cloruro de polivinilo (PVC). Por lo tanto se asumirá que la infiltración será igual a cero.

- Demanda de agua máxima del cultivo

Se presenta la demanda máxima por cultivo en función de las hectáreas de siembra, según su duración para cosecha y mes de siembra. (Ver cuadro 19)

Requerimiento máximo de agua para cultivos
Cuadro 19

Fuente: Arévalo y López

- Diseño del estanque de almacenamiento

Se propone la elaboración de un estanque cuadrado cuyo corte transversal y longitudinal resultan en forma de trapecio, con una profundidad 1,5 metros, altura recomendada por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) para estanques de tipo excavado, dejando un borde libre seco de 0,3 metros. El talud de dicho estanque tendrá una pendiente de 20% para asegurar la estabilidad del terreno aguas arriba, de base mayor de 40 metros y base menor de 25 metros. Para las dimensiones antes mencionadas se tendrá un estanque que pueda almacenar 1950 m³ de agua (ver cuadro 20).

Dimensiones del estanque de almacenamiento
Cuadro 20

Dimensiones del estanque de almacenamiento					
B (m)	b (m)	H (m)	B libre (m)	L (m)	Volumen (m ³)
40	25	1,5	0,3	40	1950

Fuente: Arévalo y López.

- Verificación del estanque de almacenamiento

Seguidamente se procedió a verificar si las dimensiones propuestas cumplen las condiciones, por lo que el volumen del estanque propuesto debe ser menor a la precipitación efectiva que cae en el terreno restándole la cantidad de agua que se evapora, la que se infiltra y la que es necesaria para el cultivo.

Donde la evaporación anual es 2520 mm/año (ver cuadro 19), por poseer una geomembrana la infiltración es nula, y el requerimiento del agua máximo del cultivo es de 1.752.478,13 litros/año para el maíz, 1.346.250,00 litros/año para la yuca (Ver cuadro 21).

Volumen de agua en función del cultivo
Cuadro 21

Fuente: Arévalo y López.

Verificando la condición para la propuesta del estanque de almacenamiento en el cuadro 22, se obtiene que para la siembra de maíz como de yuca se puede utilizar un estanque de 1.950 m³ de volumen para cubrir la demanda de siembra.

Verificación del estanque propuesto
Cuadro 22

Fuente: Arévalo y López.

- Control del agua del estanque

Si en el estanque hay demasiada agua, parte de ella puede desbordarse por encima de los terraplenes, causando daños (Ver figura 26).

Para impedir que el nivel del agua del estanque suba demasiado, puede instalarse un aliviadero.

El aliviadero puede hacerse con un trozo de bambú o con una cañería plástica o metálica. Deberá tener unos 6 cm de diámetro.

El tubo del aliviadero deberá ser suficientemente largo para poder atravesar la parte superior del terraplén. Partiendo del interior del estanque, deberá llegar lo

bastante lejos, en el exterior, para que el agua que salga no cause daños al terraplén. Se necesitará un tubo de unos 4,5 m de longitud.

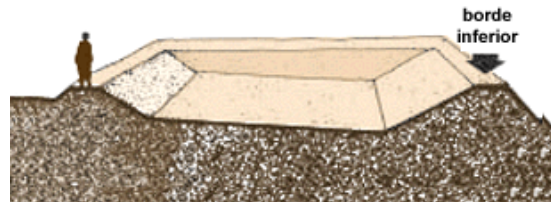


Figura 26 Borde inferior para un aliviadero.

Fuente: <http://www.fao.org/>

Se decide colocar el aliviadero encima del tubo de desagüe, para utilizar la misma zanja que abrió para instalar el tubo de desagüe (Ver figura 27). El nivel del agua debe quedar a unos 50 cm por debajo del lomo del terraplén. Se coloca el aliviadero a esa altura antes de recubrir la zanja del terraplén.

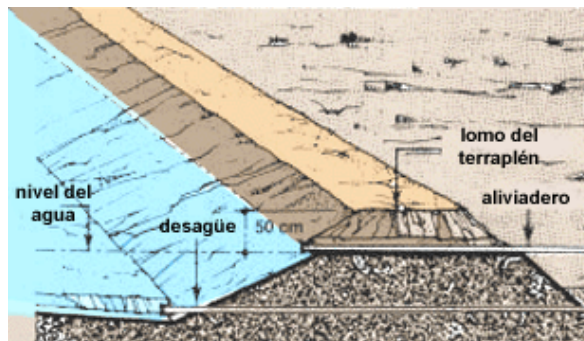


Figura 27 Detalle de un aliviadero

Fuente: <http://www.fao.org/>

· Comparación del Sistema de Riego

Al haber tomado la decisión los cultivos a trabajar y donde hacerlo, se elige el sistema de riego que se encargue de proveer el agua necesaria a la cosecha. A pesar de que existen diferentes sistemas de riego, todos ellos trabajan bajo un mismo objetivo: distribuir el agua y nutrir las plantas. Para decir qué sistema de riego utilizar se comparó entre los existentes, en relación a variables de carácter técnico-

agronómico, social y económico, para la toma de decisión acerca de qué tipo de sistema implementar en un determinado proyecto.

Los sistemas que estudiados fueron: el sistema de riego por goteo, por aspersión y por microaspersión. A dichos sistemas se compararon para identificar y elegir el más óptimo para el caso en estudio

Comparación de variables

A continuación, en el siguiente cuadro se estudiarán variables de los sistemas de riego, tales como: adaptación a los cultivos y las características del terreno, consumo de agua, calidad del agua a utilizar, riesgo ambiental (ver cuadro 23 y 24).

Comparación de sistemas de riego, dos variables
Cuadro 23

	Sistemas de Riego		
	Riego por Goteo	Riego por Aspersión	Riego por Microaspersión
Calidad del agua	El sistema es muy susceptible a la presencia de sólidos en suspensión, porque taponan los orificios de los micro aspersores o goteros. Inclusive, la presencia de algunas sales puede taponarlos, al precipitarse en las boquillas cuando cesa el riego.	La presencia de detritos sólidos suele bajar la eficiencia del sistema, porque taponan los picos de los aspersores, cambiándoles el caudal de distribución. Además, partículas duras, como arena, desgastan las boquillas, afectando la uniformidad de distribución del agua a mediano plazo.	El sistema es muy susceptible a la presencia de sólidos en suspensión, porque taponan los orificios de los micro aspersores o goteros. Inclusive, la presencia de algunas sales puede taponarlos, al precipitarse en las boquillas cuando cesa el riego.
Riesgo ambiental	El goteo aparentemente no produce ningún proceso de deterioro. La energía del agua que llega al suelo es insuficiente para producir erosión. Como la mojadura es muy lenta y controlada es más difícil que se lixivien los nutrientes solubles. Si el agua utilizada está contaminada, el volumen mojado y contaminado es mínimo.	La aspersión funciona como si fuera una lluvia natural. Las gotas aspergidas chocando contra la superficie del suelo pueden producir erosión. De ser posible, el riego por aspersión debe ser evitado en zonas de laderas o utilizado con mucho cuidado, protegiéndose bien el suelo con cobertura vegetal y utilizando aspersores de baja energía, que producen gotas más pequeñas, bien regulados y mantenidos.	Como las gotas producidas son pequeñas, no hay riesgos de deterioro por erosión, principalmente si el suelo en el perímetro mojado está cubierto. Como la mojadura es relativamente lenta y localizada es más difícil que se lixivien los nutrientes solubles. Si el agua utilizada está contaminada, el volumen mojado y contaminado es reducido.

Fuente: Arévalo y López.

Comparación de sistemas de riego, tres variables
Cuadro 24

	Sistemas de Riego		
	Riego por Goteo	Riego por Aspersión	Riego por Microaspersión
Adaptación a los cultivos	Se adapta mejor a aquellos cultivos de espaciamiento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo y, por lo tanto, el riego localizado es más eficiente. La forma y tipo de crecimiento de los cultivos, sean altos y frondosos o bajos y de escaso follaje, no tiene importancia para el riego por goteo.	Se adapta mejor a aquellos cultivos que ocupan toda el área del terreno o que poseen espaciamiento pequeño, cuyos sistemas radiculares ocupan todo el volumen de suelo sembrado. Estas estructuras no permiten la distribución uniforme del agua. No es un sistema adecuado para los cultivos altos y frondosos	Se adapta mejor a aquellos cultivos de espaciamiento amplio, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen de suelo y, por lo tanto, el riego localizado es más eficiente. Ejemplo: frutales arbóreos o no arbóreos, güisquil, loroco, etc.
Adaptación a las características del terreno	El sistemas se adaptan bien a terrenos de cualquier pendiente.	Se adapta mejor a terrenos planos o semi planos. A medida que aumenta la pendiente, se incrementa el riesgo de erosión. Además, a medida que aumenta la pendiente, la distribución del agua es cada vez más desigual, formando un círculo de menor radio del lado superior del aspersor.	El sistemas se adaptan bien a terrenos de cualquier pendiente.
Consumo de agua	Es el más eficiente en el uso del agua, principalmente si se trata de cultivos de espaciamiento amplio; consume poco y por ofrecer una distribución lenta los cultivos suelen aprovecharla mejor.	Utiliza por lo menos el doble que el sistema de goteo.	Consume menos agua que el sistema por aspersión tradicional, principalmente si se trata de cultivos de espaciamiento amplio, en los cuales el riego localizado es mucho más eficiente.

Fuente: Arévalo y López.

- Elección del sistema de riego

En la elección del sistema de riego le damos mayor importancia a las variables que están directamente relacionadas en el marco de la sostenibilidad, como lo son el costo de la inversión inicial, instalación, mantenimiento, consumo de agua. En el estudio económico se consideró que la Finca Nazareno de Tinaquillo posee un sistema de riego por microaspersión.

El cuadro 25, muestra indicadores de sostenibilidad para los sistemas de riego en evaluación.

Sistemas de riego, indicadores de sostenibilidad
Cuadro 25

Indicadores de sostenibilidad	Sistema de Riego		
	Goteo	Aspersión	Microaspersión
Inversión inicial	Alto	Mediano	Mediano
Necesidad de energía para distribuir el agua	Mediano	Alto	Alto
Consumo de agua	Bajo	Alto	Mediano
Control de consumo de agua	Bajo	Bajo	Bajo
Transmisión de enfermedades	Bajo	Alto	Mediano
Posibilidades de generar conflicto por el agua	Bajo	Mediano	Mediano
Posibilidades de consumo de plaguicidas	Bajo	Alto	Alto

Fuente: Arévalo y López.

Por lo tanto, sistema de riego que se propuso en la Finca Nazarenos es el sistema de riego por goteo, ya que este se adapta a las necesidades del proyecto, además, reduce el consumo de energía, la transmisión de enfermedades, impactos negativos sobre el medio ambiente, entre otros. Con base en ello, se procedió a calcular el sistema de riego por goteo.

Para el cálculo del sistema de riego goteo, se procedió a definir el área asignada para riego. La Finca Nazareno dividida, la cual representa el área de siembra en la que se empleará el sistema de riego por goteo.



Figura 28 Redes de tuberías
Fuente: Arévalo y López (Google Earth).

Para poder diseñar un óptimo sistema de tuberías se deberán establecer una red de tuberías, la cual está conformada por la tubería que sale de la bomba que será considerada como la tubería principal, las tuberías secundarias (portagoteros) que conectan la red principal con las áreas de riego. (Ver Figura 28)

Ya definidas las tuberías, se calculó la longitud total para cada sistema de red, incluyendo también la cantidad plantas, ya que éstas nos indican cuantos goteros se van a necesitar, y por consiguiente el caudal que requiere la tubería. Se tomó en cuenta que la separación entre plantas de maíz será de 0,20 metros y la separación entre hileras de 0,75 metros entre ellas, toda esta información obtenidas en páginas

web destinadas a la agricultura como <https://www.sembrar100.com/hortalizas-de-fruto/maiz/>.

Longitud de tuberías
Cuadro 26

Longitud de tuberías						
Sección	Área (m ²)	Long de red Secundaria (m)	Long de red Terciaria (m)	Cantidad de Hileras portagoteros	Cant de Plantas por hileras	Cant de maiz total por zona
Area 1	10.000,00	100,00	N/A	133,33	500,00	66.666,00

Fuente: Arévalo y López

Luego, se calculó la cantidad de agua que necesita el cultivo por cada planta en función de la etapa en la que el rubro requiere más agua para su desarrollo. En caso del maíz, requiere mayor cantidad de agua para la temporada media el cual según FAO (2012), empieza cuando el cultivo tiene aproximadamente 21 días de haberse sembrado. Por lo tanto, conociendo las cantidades de plantas de maíz que podemos sembrar en 1 hectárea, se estimó que el mayor requerimiento de agua para este rubro será de 0,29 litros diarios por cada planta.

Cantidad de caudal por zona
Cuadro 27

Caudal de diseño para 1 Ha de Maiz en funcion de la cantidad de Plantas				
Tipo de Tubería	Cant de Plantas de maiz total por zona	Cant de goteros por zona	Caudal por gotero (m ³ /s)	Caudal para 1 Ha (m ³ /s)
Area 1	66666,00	66666,00	1,11111E-06	0,074

Fuente: Arévalo y López

Las dos variables que se consideran para la elección del gotero fueron caudal (la necesidad hídrica de la planta, como es muy baja en comparación con lo que aporta el gotero se puede elegir sin limitantes) y tiempo (mientras más alto sea el caudal del gotero, menor será el tiempo de uso de la bomba para regar las plantas), por lo que se optó a utilizar será el gotero en línea 4 L/H ABD Agro, el cual brinda un caudal de 4 litr
-6 m³/s. (Ver figura 29)



Figura 29 Gotero en línea 4 L/H ABD Agro

Fuente: <https://abdagro.com/>

Por consiguiente, el cálculo de los diámetros de cada tubería dependerá la red en donde se encuentra y del caudal de que pasa por cada una de ellas. Utilizando la ecuación de continuidad, expresada como:

$$Q=V*A$$

Dónde:

Q: Caudal del sistema (m³/s)

V: Velocidad del flujo (m/s)

A: Área de la sección de la tubería (m)

El caudal total que arrojó el cultivo requerido fue de 0,074 m³/s. Teniendo el caudal que es la cantidad de agua que libera cada gotero, una velocidad comprendida entre 0,6 y 3,5 metros por segundo para que no exista sedimentación o cavitación en la tubería. Con estos se pudo obtener el diámetro de la tubería. Teniendo en cuenta que, para valores menores a 16 mm de diámetro, se seleccionara una tubería de ese diámetro ya que es la más pequeña que se encuentra en el mercado.

Para los ramales portagoteros es habitual en las instalaciones de riego por goteo, emplear las típicas y ya mencionadas tuberías flexibles de polietileno de baja densidad (en esta caso, DN16 mm) fabricadas en color negro característico. En cada

planta de maíz se colocará para su riego un gotero con un caudal de descarga de agua de 4 l/h. Con fundamento en ello, se procedió a precisar los diámetros de las tuberías de portagoteros, como lo muestra el cuadro 28.

**Diámetro de tuberías portagoteros
Cuadro 28**

Diametro de tuberías del sistema de riego					
f	L (m)	D (m)	v (m/s)	g (m/s²)	hf (m)
0,0228	100	0,0381	0,88	9,81	2,3465575

Fuente: Arévalo y López

Una vez definido el diseño de cómo hacer la distribución de la instalación de riego, se realizó una estimación de las pérdidas de cargas, también llamado perdida de presión, con objeto de poder dimensionar correctamente el equipo de bombeo. Para ello en primer lugar se deberá identifica el recorrido más desfavorable en donde se produzca la mayor pérdida de presión de todo el sistema.

El cálculo de la pérdida de carga se realizará distinguiendo dos tipos:

- Pérdida producida por los tramos rectos de la tubería
- Pérdida producida por elementos y accesorios localizados en la red

Pérdida producida por los tramos rectos de la tubería

Para el cálculo de las pérdidas producidas en tramos rectos utilizamos la fórmula de Hazen-Williams, en donde el coeficiente C, para el material de la tubería de polietileno es de 150, definido por la siguiente ecuación:

$$J(ab) = \frac{10,67 \cdot 1,05 \cdot L}{D^{4,87}} \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,87}$$

Dónde:

$J(ab)$: Pérdida de presión en un tramos A-B (m.c.a.)

L: Longitud del tramo (m)

D: Diámetro de tubería (m)

Q: Caudal que pasa por la tubería (m³/s)

C: Coeficiente del material de Hazen-Williams

Pérdidas por Hazen-Williams Cuadro 29

Tabla para el Cálculo de Pérdidas Hazen-Williams							
TRAMO	DISTANCIA(m)	Q(m ³ /s)	MATERIAL	COEF HW	DIÁMETRO (m)	D comerciql	PÉRDIDA m.c.a.
Principal	110	0,074	PE	140	0,203	8"	2,51
Tabla para el Cálculo de Pérdidas Darcy							
TRAMO	DISTANCIA(m)	Q(m ³ /s)	MATERIAL	COEF HW	DIÁMETRO (m)	D comerciql	PÉRDIDA m.c.a.
Portagoteros	100	0,001	PE	140	0,038	1 1/2"	2,34
							PÉRDIDA TOTAL
							4,85

Fuente: Arévalo y López

En el cuadro 29 se presenta las pérdidas de presión en función del largo de la tubería que es de 4,85 m.c.a.

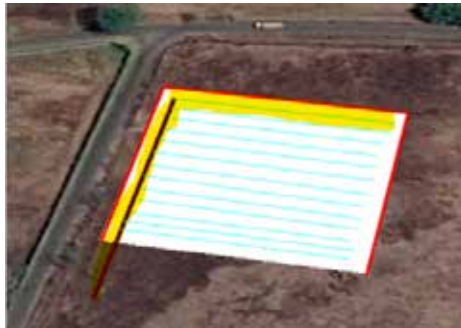


Figura 30. Recorrido más desfavorable

Fuente: Arévalo y López

Pérdida producida por elementos y accesorios localizados en la red

Para evaluar las pérdidas locales que se originan en estos elementos que se encuentran intercalados en la instalación (codos, derivaciones en T, bifurcaciones, reducciones, etc.) se puede emplear la siguiente formulación tipo empírica.

**Pérdida de presión en accesorios
Cuadro 31**

Pérdidas de Presión en Accesorios						
TRAMO	Velocidad (m/s)	Tipo de elemento	Unidades	Coefficiente de pérdida, K	Perdida por Accesorio (m.c.a.)	Perdida por Accesorio (m.c.a.)
Principal	2,28	Reducción Brusca	133,00	0,30	0,08	10,58
		Tee en línea recta	133,00	0,10	0,03	3,53
		Válvula de bola	1,00	0,10	0,03	0,03
		Válvula antiretorno	1,00	2,50	0,66	0,66
						14,80

Fuente: Arévalo y López

En el cuadro 31, se presenta una tabla especificando los tipos de accesorios que posee el sistema de tuberías, organizado en tramos. El cual arroja una pérdida de 14,8 metros de columna de agua.

Finalizando con el cálculo, una vez obtenidas las distintas pérdidas de carga anteriores, se suman todas ellas, con el objeto de obtener la pérdida de carga total de la instalación. Por lo tanto, al tener una pérdida por la longitud de la tubería de 4,85 metros y por accesorio de 14,8 metros, obtenemos una pérdida total de 19,65 metros de columna de agua.

**Cálculo de potencia de la bomba requerida
Cuadro 32**

Q(m /s)	Hb (m)			Hp

Fuente: Arévalo y López

**Requerimiento de agua en litros por cultivo
Cuadro 33**

Requerimiento de Agua por Cultivo Area 1						
Tipo de Cultivo	Et real del cultivo (mm/mes)	Et real del cultivo (mm/día)	m ²	Lts/día	Cant Plantas	Lts/plantas
Maíz inicial	57,25	1,91	10000,00	19083,33	66666,00	0,29

Fuente: Arévalo y López

**Tiempo de bombeo
Cuadro 34**

Tiempo de Bombeo			
Requerimiento de la Planta (Lts/h)	Gotero (Lts/h)	Tiempo de Bombeo (h)	Bombeo (mín)
0,29	4	0,072	4,29

Fuente: Arévalo y López

**Características de bomba
Cuadro 35**

Características de la Bomba seleccionada	
Descripción	Bomba de agua centrifuga marca bomba agua embobinado 100% de cobre
Tipo de uso	Hidroneumaticos, Sistemas de Riego Agrícolas, Bombeo de Tanque a Tanque etc.
Modelo	CL-1.1/2/250/30
Potencia	30 HP
KW	22
HZ	60
RPM	3.350
Serie	Centrifuga MONOBLOCK
Altura Mínima	40 m
Altura Máxima	120 m
Caudal Nominal	14 L.P.S.
Tensión	220 - 440
Consumo AMP	75,01 - 35,02
Succión Y Descarga	2-1/2" x 1-1/2"
Presión Máxima de Operación	170,04 P.S.I.
Precio	2.800 \$

Fuente: Arévalo y López



Figura 32. Filtro De Agua Riego Agrícola
Fuente: Arévalo y López



Figura 33 Bomba seleccionada
Fuente: Arévalo y López

4.4. Fase IV. Estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad.

Con la finalidad de determinar la factibilidad del sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo.

Cojedes, se procedió a la identificación de los aspectos asociados a la consolidación del sistema, los cuales se detallan a continuación:

Factibilidad ambiental: De acuerdo a las observaciones realizadas y las entrevistas con el personal de la finca, se pudo determinar que la fauna del lugar se encuentra notablemente alterada y adaptada a las actividades antropogénicas por lo que, en principio, no se espera un impacto significativo sobre ella; la relativamente corta duración de la construcción de las obras permitirá la adaptación y reacomodo de la fauna terrestre. En el caso de la avifauna no se registraron zonas de anidación o percha en las inmediaciones, por lo que no habrá necesidad de efectuar labores adicionales; el ahuyentamiento y reacomodo de esta fauna funciona de manera natural en el ecosistema, por los medios de locomoción aéreos.

En la primera etapa del proyecto para la consolidación del sistema, será necesario el traslado de maquinaria a la zona y el personal, por lo que se deberá establecer un campamento semipermanente. Dicho campamento estará destinado a los trabajadores durante el día y al cuidado del material y el equipo durante la noche. Estas instalaciones pueden erigirse con material prefabricado. En el campamento se establecerán áreas cubiertas para el almacenamiento de combustibles (diésel y grasas), refacciones y herramientas.

Estas construcciones pueden modificar la composición y estructura actual de los suelos en la finca Nazareno, objeto del estudio, debido a que se nivelara la plantilla del terreno dándole una pendiente en el sentido del drenaje, removiendo pequeños montículos de terreno sin vegetación. Durante el desarrollo de las anteriores obras, existirá una afectación en la calidad del aire debido al movimiento de la tierra, resultando de manera temporal.

A la par de ello, se incrementaran las características de erosión en aquellos bordos que se encuentren perpendiculares o diagonales a la mayor masa de agua y a la dirección de los vientos dominantes y que enfrenten un fuerte oleaje del agua contenida dentro del estanque. Por lo tanto, la construcción de dichos bordos vendrá a reforzar en diferentes medidas la infraestructura transitable dentro de las áreas del

proyecto, así mismo se verá incrementada la estabilidad por mayor asentamiento y compactación.

Derivado de la construcción de la infraestructura para estanque, se verá impactado positivamente con el uso de nuevas áreas inundables y un mayor uso potencial. De igual forma, durante el llenado de estanques se mejorará el uso potencial del suelo, así mismo permitirá un incremento en la humedad relativa del microclima. Existirá un mejoramiento del aspecto en la interface tierra-agua al favorecerse el establecimiento de vegetación en los taludes de los bordos.

Factibilidad Técnica: La determinación de la factibilidad técnica del sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, se estableció para la recolección del agua de los techos y la microcaptación, de la siguiente manera:

- Recolección de agua de lluvia por Techos: La selección de la red de tuberías de agua de lluvia puede adaptarse fácilmente a los diversos contextos rurales, se utilizan materiales fáciles de conseguir y la instalación no requiere conocimientos técnicos complejos. La técnica de intercepción de primeras lluvias puede adaptarse a las condiciones y necesidades de cada uno de los lugares en donde se instale. Uno de los principales problemas que se presenta es la falta de mantenimiento de las canaletas, lo cual puede reducir significativamente la eficiencia en la cosecha de lluvia. En contextos rurales, donde el acceso al agua es escaso, el agua que se recolecta en el desviador de primeras lluvias puede ser utilizada para actividades que no involucren el consumo humano. Para ello, será necesario cumplir una serie de medidas orientadas a limpiar y revisar tus canaletas de lluvia por lo menos dos veces al año, inspeccionar los bajantes para verificar si tienen obstrucciones, buscar señales de filtraciones y revisar las juntas de las canaletas. Para la recolección del agua de los techos, se determinó como requerimiento de material, los siguientes elementos que se presentan en el cuadro 36.

Lista de materiales para el sistema de techos
Cuadro 36

Producto	Cantidad
Tanque de PVC	2
Tuvo PVC 4"	22
Tuvo PVC 6"	2
Codos 4"	4
TEE 4"	2
Abrazaderas	32

Fuente: Arévalo y López

Los materiales presentados se caracterizan por tener un diseño flexible y adaptabilidad a diversos contextos, a la par de que no requiere energía eléctrica para su funcionamiento y tienen un costo de instalación relativamente bajo. No obstante, requieren monitoreo constante durante el periodo de lluvias, así como el correcto dimensionamiento de las canaletas requiere cierto conocimiento especializado.

- Estanque: Para el sistema de cosecha de agua se sugiere que este recubierto con una geomembrana, que tiene una resistencia muy elevada frente al agrietamiento o deterioro por efecto de la temperatura debido a la incidencia solar, un factor que las convierte en el material idóneo para este tipo de instalaciones ya que así evitamos que se produzcan las temidas filtraciones o pérdidas de agua. Además, estamos ante un material cuyo procedimiento de instalación es rápido y que cuenta con una vida útil de más de 30 años. La escogencia de este material, determina mantener un buen nivel de agua en el estanque, colocar un filtro para reducir el paso de sedimentos por las tuberías y colocar un tapón de desagüe para eliminar la sedimentación.

Lista de materiales para el estanque
Cuadro 37

Producto	Cantidad	
Geomembrana	1600	m ²

Fuente: Arévalo y López



Figura 34 Ejemplo de estanque con geomembrana

Fuente: <https://www.geosai.com/estanques-de-geomembrana>

- Sistema de riego: El sistema de riego propuesto para la Finca Nazareno es por goteo, el cual se destinara a atender la demanda de los cultivos. Para su construcción, se requerirán los siguiente materiales:

**Lista de materiales para el sistema de riego
Cuadro 38**

Tipo de elemento	Unidades
Reducción Brusca	133,00
Tee en linea recta	133,00
Válvula de bola	1,00
Válvula antiretorno	1,00
codos	1,00
Filtro De Agua Riego Agrícola Azud - 2nr Helix	1,00
Bomba de agua de circulación eléctrica de alta capacidad	1,00

Fuente: Arévalo y López

Económico: La consolidación del sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, presenta en primer lugar un impacto económico positivo en la zona como efecto de la creación de empleos con una prolongada eventualidad, provocará un aumento en el efectivo circulante producto de la nómina semanal que, a su vez, impulsará la dinámica del comercio local y en general sobre la actividad económica de la zona. A la par de ello, los sujetos informantes en la finca objeto de estudio, indicaron el requerimiento de conocer los costos asociados al sistema por lo cual se elaboraron los presupuestos relacionados al sistema de techos, de microcaptación (estanque) y el sistema de riego, como se presenta en los cuadros a continuación:

Costos de materiales para el sistema de techo
Cuadro 39

Desglose de costos				
Producto	Cantidad	Costo	Subtotal	
Tanque de PVC	2	290	580	USD
Tuvo PVC 4"	22	20	440	USD
Tuvo PVC 6"	2	2	4	USD
Codos 4"	4	5,43	22	USD
TEE 4"	2	4,81	10	USD
Abrazaderas	32	2,5	80	USD
Varios (15% diferencia costo)		48,711	49	USD
		Costo total	1.184	USD

Fuente: Arévalo y López

Costos de materiales y construcción del estanque
Cuadro 40

Cálculo de movimiento de tierra			
$A = (B+b) \cdot h / 2$		B	40,0 m
		b	25,0 m
		h - 0,3 libre	1,5 m
	A	48,75 m ²	
$V = A \cdot L$		L	40,0 m
	V	1950 m ³	
Factor de retrocargador			15
Horas=V/Fr		130	
Precio por hora			22 \$
Costo por Horas		2860 USD	
Cálculo de costo del muro			
A=b*h		h	1,8 m
	A	45 m ²	
	V	1800 m ³	
Cálculo del geomembrana			
Área planar		1600 m ²	
		1 m ²	
Se necesita		1600	
Precio por m ²		4 \$	
Costo de geomembrana		6400 USD	
Costo de geomembrana		6400 USD	
Desglose de costos			
Costo movimiento de tierras		2860 USD	
Costo de geomembrana		6400 USD	
Costo total del estanque		9.260 USD	

Fuente: Arévalo y López

**Costos de sistema de riego
Cuadro 41**

Lista de materiales del sistema de riego			
Tipo de elemento	Unidades	Costo	Monto
Reducción Brusca	133,00	8,00	1064,00
Tee en linea recta	133,00	11,00	1463,00
Válvula de bola	1,00	35,00	35,00
Válvula antiretorno	1,00	75,00	75,00
codos	1,00	1,00	1,00
Filtro De Agua Riego Agrícola Azud - 2nr Helix	1,00	80,00	80,00
Bomba de agua de circulación eléctrica de alta capacidad	1,00	2800,00	2800,00
		Total	5518,00 USD

Fuente: Arévalo y López

El sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo Edo Cojedes, tiene un costo estimado de 15.962 USD.

CONCLUSIONES

Una vez analizados los hallazgos del desarrollo de la estrategia metodológica para proponer un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, se diagnosticó su situación hidrológica actual, la cual se caracteriza por estar ubicada en el Municipio Tinaquillo, Parroquia Tinaquillo, Sector Los manantiales del Estado Cojedes, la zona presenta una altitud promedio de 420 MSNM, con un solo piso climático tropical, por lo cual la precipitación promedio documentada es de 865,25mm. En función de ello, presenta una situación hidrológica de demanda constante, que permite que exista disponibilidad de agua en los periodos de sequía, a fin de atender sus actividades de índole agrícola, pecuaria o comercial.

Posteriormente, se describieron las técnicas para la cosecha de agua de lluvia utilizada en áreas agrícolas, las cuales comprenden microcaptación, macrocaptación, derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas, cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables, captación de aguas subterráneas y freáticas, captación de agua atmosférica y técnicas para terrenos planos. Cada una de ésta, tiene como propósito almacenar agua de lluvia, considerando factores como: las características y condiciones del suelo, los costos, el periodo de lluvias y condiciones sociales.

Se diseñó, un sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, basado en los métodos de cosecha de agua de techos de vivienda y microcaptación. Para ello, se determinó el volumen de agua captado por los techos de las estructuras de los galpones A1 y A2. Durante la época de mayor precipitación, éstos aportan un caudal de 1 m³/día que equivale a 1.000 litros por día, por lo que no se considera viable para este caso de estudio, ya que el requerimiento de agua en el maíz, para una hectárea es aproximadamente 30.000 litros por día. Sin embargo, de acuerdo al estudio realizado, se comprobó, que es insuficiente. Seguidamente, se determinó el almacenamiento por

el método de microcaptación, considerando las variables: área de captación del terreno, la precipitación, evaporación, infiltración del suelo. Por lo cual, se obtuvo un total de 7.610.895,98 litros de agua. En base a esto, se diseñó un estanque de almacenamiento cuadrado, de corte transversal y longitudinal, en forma de trapecio, con una profundidad 1,5 metros, dejando un borde libre seco de 0,3 metros. El talud del estanque tendrá una pendiente de 20% para asegurar la estabilidad del terreno aguas arriba, de base mayor de 40 metros y base menor de 25 metros, con capacidad para almacenar 1950 m³ de agua, destinados a las siembras, representando el 100% para el riego de 1 hectárea. Por ello, se propuso un sistema de riego por goteo, basándose en la evaluación de la adaptación a los cultivos, las características del terreno, consumo de agua, calidad del agua a utilizar, riesgo ambiental. Así mismo, se comprobó, que el sistema de riego por goteo, se adapta a las necesidades del cultivo.

En la ejecución del estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad, se determinó que el sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, no genera un impacto ambiental desfavorable para el ecosistema circundante, salvo por los suelos por las obras a ejecutar, mencionadas anteriormente. Desde la perspectiva técnica, se comprobó la factibilidad y sustentabilidad mediante la planificación y elaboración de sistemas, tanto de recolección de agua por los techos, como por microcaptación, que luego, son almacenados en tanques y estanques. Por ello, el agua cosechada será destinada a los cultivos, mediante un sistema de riego por goteo, lo cual resulta viable, dado las características y fácil manejo de los materiales. En cuanto al estudio económico, se elaboraron cuadros de costos para cada aspecto del sistema de cosecha, determinándose un costo total de 15.962 USD. Lo cual representa una inversión considerable que se traduce en beneficios a mediano y largo plazo, para atender la demanda de agua para la finca.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones presentadas, se generaron una serie de recomendaciones que contemplan:

Realización de un estudio más avanzado, donde se determine con precisión el tipo de suelo, calidad, coeficiente de permeabilidad, rata de percolación.

Consideración de otros criterios tales como: método de cultivo, artesanal o industrializado, cultivo rotativo o fijo, clima, requerimiento de agua, en caso de cambiar el tipo de cultivo, ya que éstos, modificarían el sistema de riego a emplear.

Tener en cuenta que resulta inconveniente un sistema de riego fijo, por lo que una vez instalado no se puede labrar el suelo.

Conformación de un equipo multidisciplinario para la obtención de mejores resultados.

Mantenimiento constante del estanque, para evitar daños al ambiente y problemas futuros.

Ejecución anual de un diagnostico hidrológico en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes, para determinar sus ofertas de agua y el alcance del sistema de cosecha.

Evaluación anual de las técnicas viables para la cosecha de agua de lluvia para atender los requerimientos en la finca Nazareno, Tinaquillo, Edo. Cojedes.

Presentación del sistema propuesto de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego en la finca Nazareno, que considera la captación mediante techos y la microcaptación, a los propietarios a fin de determinar su implementación en el corto plazo.

Actualización del estudio de factibilidad ambiental, técnico y económico de la propuesta en el marco de la sostenibilidad, en el escenario que la adopción del

sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego, se realice en un plazo mayor a seis meses de su presentación, para la actualización de los costos asociados.

Documentación de los procesos de funcionamiento y mantenimiento del sistema de cosecha de agua de lluvia para el aprovechamiento del riego, a fin de garantizar su correcta operatividad en la finca Nazareno.

REFERENCIAS

Adler I, Carmona G, Bojalil J, (2008). **MANUAL DE CAPTACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA PARA CENTROS URBANOS**. México.

Carvajal, R. C. (2015), **Estudio de viabilidad de cosecha de agua de lluvia en Reserva Conchal para su utilización en riego del campo de golf**. Universidad de Costa Rica.

Chalco, G. F. (2016), **EVALUACIÓN, ANALISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES EN MOLINO – JULI**. Universidad nacional del altiplano facultad Pino Perú.

Cordova L. (2013). **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO Y CONTROLADO DE FORMA INALAMBRICA PARA UNA FINCA UBICADA EN EL SECTOR POPULAR DE BALERIO ESTACIO**. Guayaquil, Ecuador.

FAO 2000. **MANUAL DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. EXPERIENCIAS EN AMÉRICA LATINA. SERIE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS NO. 13**. FAO, Santiago (Chile). Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago, Chile.

Fiat Panis (2013). **CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe**. Santiago, Chile.

Global Water Parthnership Central Amercia, (2013). **TECNICAS PARA EL USO SOSTENIBLE DEL AGUA**. Tegucigalpa, Honduras. Vía Web https://www.academia.edu/22398349/TECNOLOG%C3%8DAS_PARA_EL_USO_S

OSTENIBLE_DEL_AGUA_Una_contribuci%C3%B3n_al_cambio_clim%C3%A1tico

Guzman, F. A. Rodriguez, J. C. (2006), **PROPUESTA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA CUENCA DEL RÍO ORUPE, MUNICIPIO TINACO, ESTADO COJEDES.** Universidad de Carabobo, Carabobo.

Hirokatsu Utgawa (2015), **PARA COSECHAR EL AGUA DE LLUVIA, opciones técnicas para la agricultura familiar en la sierra.** Provincia de Chimborazo Ecuador

NOVAGRIC, (2018). Vía Web <https://www.novagric.com/es/riego/sistemas-de-riego/riego-por-goteo>

Palacio N. (2010). **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL AHORRO DE AGUA POTABLE, EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA MARIA AUXILIADORA DE CALDAS, ANTOQUIA.** Universidad de Antioquia Medellin Colombia.

PlaniGestión. **Listado de Legislación Ambiental Venezolana** (2016), Vía Web <https://planigestion.com/>

Salinas A. **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RESERVORIOS AGRICOLAS.** Vía web <https://www.academia.edu/3646298/COSECHA-DE-AGUASLLUVIAS>