



**EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE
AGUAS LLUVIAS NO CONVENCIONAL COMPLEMENTARIO, PARA LAS
FAMILIAS (MORENO Y BUITRAGO) DE LA VEREDA LAS ESPIGAS DEL
MUNICIPIO DE SESQUILÉ EN CUNDINAMARCA, COLOMBIA**

Estudiantes

**JOHN SEBASTIAN CARREÑO SANDOVAL - 1103325
DANIEL FERNANDO DELGADO CASTELLANOS - 1103906**

Directores

YULIA IVANOVA - JULIO CUESTA - CARLOS GUTIÉRREZ

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE DE 2023**



EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE
AGUAS LLUVIAS NO CONVENCIONAL COMPLEMENTARIO, PARA LAS
FAMILIAS (MORENO Y BUITRAGO) DE LA VEREDA ESPIGAS DEL MUNICIPIO
DE SESQUILÉ EN CUNDINAMARCA, COLOMBIA

Estudiantes

JOHN SEBASTIAN CARREÑO SANDOVAL - 1103325

DANIEL FERNANDO DELGADO CASTELLANOS - 1103906

Directores

YULIA IVANOVA

JULIO CUESTA

CARLOS GUTIÉRREZ

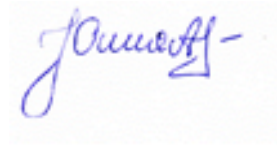
UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C., DICIEMBRE DE 2023

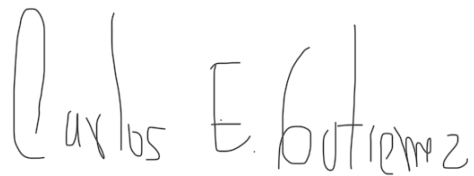
Nota aceptación



Firma de tutor 1



Firma de tutor 2



Firma de tutor 3

Firma de jurado 1

Firma de jurado 2

Bogotá D. C., diciembre de 2023

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de grado a nuestros padres, cuyo apoyo inquebrantable ha sido una fuente de inspiración y motivación. Agradecemos su constante aliento y sacrificio, que han hecho posible este logro. También dedicamos este trabajo a nuestros directores la Ing. Yulia Ivanova M.Sc, el Ing. Julio Cuesta Olave M.Sc y el Ing. Carlos Gutiérrez Ulloa, PhD. Cuya guía experta ha sido invaluable en nuestra formación académica. A nuestros amigos y seres queridos, especialmente a María Salazar y Daniela Pastrana, por su comprensión y apoyo a lo largo de este desafiante pero gratificante camino. Este logro no solo es de nosotros, sino de todos aquellos que han contribuido a nuestro crecimiento y éxito. Que este trabajo sea un testimonio de gratitud hacia quienes han sido parte fundamental de este proceso académico.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por brindarnos la energía y fortaleza que fue necesaria para alcanzar esta importante meta y todas aquellas que nos hemos propuesto. Queremos expresar nuestro agradecimiento a los directores de este proyecto, por su confianza, su disposición constante y su respaldo que han sido fundamentales para llevar a cabo este trabajo. Además de su papel en la supervisión de este proyecto, agradecemos su contribución significativa al crecimiento personal y a la formación como investigadores e ingenieros.

Queremos extender infinitas gracias a nuestros padres, cuyo constante respaldo y esfuerzo diario han sido fundamentales para nuestro desarrollo como persona y para lograr no solo esta meta, sino también otras lecciones valiosas que hemos aprendido a lo largo de la vida. Además, agradezco de corazón a aquellas personas que estuvieron a nuestro lado en el proceso de elaboración de este proyecto brindándonos un apoyo incondicional, especialmente a nuestras parejas María Salazar y Daniela Pastrana, quienes siempre han estado presentes con su apoyo, compañía y momentos llenos de alegría. También queremos reconocer a nuestros compañeros y amigos, con quienes compartimos experiencias a lo largo de la carrera. Queremos expresar nuestra gratitud a nuestros abuelos, quienes, estén donde estén, han sido siempre un apoyo invaluable para nosotros.

Por último, nuestro agradecimiento se extiende a los profesores y maestros que dejaron una huella significativa en nosotros, impartiendo conocimientos y transmitiendo un sentido de utilidad para la vida.

CONTENIDO

1. PROBLEMA	14
1.1 IDENTIFICACIÓN	14
1.2 DESCRIPCIÓN	16
1.3 PLANTEAMIENTO	18
2. DELIMITACIÓN	19
2.1 CONCEPTUAL	19
2.2 GEOGRÁFICA	19
2.3 CRONOLÓGICA	20
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. ANTECEDENTES	22
4.1 INTERNOS	23
4.2 EXTERNOS	24
5. JUSTIFICACIÓN	26
6. MARCO REFERENCIAL	27
6.1 MARCO TEÓRICO	27
6.2 MARCO CONCEPTUAL	28
6.3 MARCO INSTITUCIONAL	31
6.4 MARCO LEGAL	31
6.5 MARCO AMBIENTAL	32
7. METODOLOGÍA	32
7.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE	35
7.2 RELACIÓN OFERTA – DEMANDA PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN DURANTE LOS MESES DE SEQUÍA	37
7.3 CASA AGUATERAS	38
7.4 ZANJA DE INFILTRACIÓN	39
7.5 CONTROL DE HOJARASCA	40
7.6 FILTRACIÓN VERTICAL PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA	40
7.7 OPTIMIZACIÓN DE DEMANDA DE AGUA POR CADA FAMILIA	41
7.8 SISTEMA DE CUBRIMIENTO DE REDES DE ABASTECIMIENTO	42
7.9 OPTIMIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN	43

8. CAPÍTULOS	44
8.1 CAPITULO I – Insumos	44
8.2 CAPITULO II– Contextualización Fase I	52
8.3 CAPITULO III – Caracterización de la zona	54
8.4 CAPITULO IV – Problemática evidenciada	56
8.5 CAPITULO V – Soluciones	58
8.5.1 Soluciones Familia Buitrago	59
8.5.2 Soluciones Familia Moreno	67
8.6 CAPITULO VI – Diseño del Proyecto	84
8.7.2. Diseño del Proyecto Familia Buitrago	84
8.7.3. Diseño del proyecto Familia Moreno	85
8.7 CAPITULO VII – Análisis de Costos	85
9. CONCLUSIONES	88
10. RECOMENDACIONES	90
11. BIBLIOGRAFÍA	92
12. ANEXOS	95
ANEXO 1: RELACIÓN OFERTA – DEMANDA PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA EPOCA SECA	95
ANEXO 2: CASAS AGUATERAS PARA USO DEL RECURSO HIDRICO PARA GANADO Y QUEHACERES DEL HOGAR.	110
ANEXO 3: ZANJA DE INFILTRACIÓN	139
ANEXO 4: CONTROL DE HOJARASCA EN RESERVORIOS	154
ANEXO 5: FILTRACION VERTICAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO POR AGUA LLUVIAS	184
ANEXO 6: OPTIMIZACION DE DEMANDA DE AGUA POR CADA FAMILIA	194
ANEXO 7: SISTEMA DE CUBRIMIENTO DE REDES DE ABASTECIMIENTO	200
ANEXO 8: OPTIMIZACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO A LA VIVIENDA	207
ANEXO 9. PLANO FAMILIA BUITRAGO	214
ANEXO 10. PLANO FAMILIA MORENO	215
ANEXO 11. PLANO TOPOGRÁFICO	216
BIBLIOGRAFÍA	217

Listado de Ilustraciones

Ilustración 1 Mapa Vereda Espigas Municipio de Sesquilé; Fuente (PROINBAL, 2010)	16
Ilustración 2. Metodología Proyecto; Fuente (Elaboración Propia)	33
Ilustración 3 Ingeniera Conceptual; Fuente (Andrea Barragán 2023)	37
Ilustración 4. Diagrama de Flujo Construcción y Adecuación Casa Aguatera; Fuente (Nathalie Valencia,2023)	38
Ilustración 5 Realización de la Zanja; Fuente (Alexandra Gamboa, 2023)	39
Ilustración 6. Diagrama de Flujo Optimización de Demanda de Agua por Cada Familia; Fuente (Andrea Barragan,2023)	42
Ilustración 7. Diagrama de Flujo Solución a la Interrupción de la Conducción; Fuente (John Sebastián Carreño, 2023)	43
Ilustración 8. Diagrama de Flujo Optimización para el Sistema de Conducción; Fuente (Andrés Uribe ,2023)	44
Ilustración 9 Recopilación de Datos en Visita de Campo Familia Buitrago ; Fuente (Elaboración Propia)	46
Ilustración 10 Recopilación de Datos en Visita de Campo Familia Moreno; Fuente (Elaboración Propia)	47
Ilustración 11 Imágenes Vivienda Caso de Estudio Familia Moreno Fuente; (Elaboración Propia)	49
Ilustración 12. Imágenes Vivienda Caso de Estudio Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)	50
Ilustración 13. Esquema Distribución de Familias; Fuente (Elaboración propia)	51
Ilustración 14. Área Horizontal; Fuente (Andrea Barragan,2023)	62
Ilustración 15. Área de la Cuenca; Fuente (Elaboración Propia)	68
Ilustración 16. Área Superficies Presentes en la Cuenca; Fuente (Elaboración Propia)	68
Ilustración 17. Área Horizontal; Fuente (Andrea Barragan,2023)	79

Listado de Tablas

Tabla 1 Estudio Nacional de Agua; Fuente (IDEAM, 2022)	15
Tabla 2 Información Disponible; Fuente (Elaboración Propia)	36
Tabla 3 Datos de Precipitación de la Corporación Autónoma Regional (CAR); Fuente (Corporación Autónoma Regional (CAR), 2023)	45
Tabla 4. Ubicación y Dimensiones Reservorio Familia Moreno; Fuente (Elaboración Propia)	52
Tabla 5. Ubicación y Dimensiones Reservorio Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)	52
Tabla 6. Fase 1 Proyecto, Resultado de la Matriz de Ponderación para la Priorización de las Alternativas de Abastecimiento Hídrico y las Familias Beneficiadas; Fuente (Camilo Céspedes, Juan Pérez,2022)	54
Tabla 7. Cálculo de Demanda Hídrica por Vivienda Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)	61
Tabla 8. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Buitrago; Fuente:(Elaboración Propia)	64
Tabla 9. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Buitrago; Fuente: (Elaboración Propia)	65
Tabla 10. Cálculo de Demanda Hídrica por Vivienda uno Moreno; Fuente (Elaboración Propia)	77
Tabla 11. Cálculo de Demanda Hídrica Vivienda dos Familia Moreno; Fuente (Elaboración propia)	78
Tabla 12. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Moreno; Fuente: (Elaboración Propia)	81
Tabla 13. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Moreno; Fuente (Elaboración Propia)	82
Tabla 14. Costos Realización de Proyecto familia Moreno; Fuente (Elaboración propia)	86
Tabla 15. Costos Realización de Proyecto Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)	87

RESUMEN

El siguiente trabajo de grado se orienta a diseñar una solución para mitigar el desabastecimiento de agua, en la zona rural Las Espigas en el municipio de Sesquilé Cundinamarca, mediante la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias no convencional, siendo este un sistema complementario y funcional integrando los reservorios existentes, con el propósito de brindar una solución a las familias Buitrago y Moreno, a partir de la participación en conjunto de la comunidad, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR y la Universidad Militar Nueva Granada, realizando transferencia de conocimientos para reducir la falta del recurso hídrico.

INTRODUCCIÓN

Pese a los constantes avances realizados por la humanidad y los grandes avances científicos que se han venido desarrollado en el transcurso del siglo XXI, el mundo está lejos de alcanzar todas las metas y objetivos relacionados con el agua para 2030. Así mismo, este 2023 es el año de adquirir compromisos con respecto al uso del agua y su saneamiento, según lo anunciado en La Conferencia de las Naciones Unidas sobre el agua de 2023 (Naciones Unidas, 2023); por otra parte, se entiende que el agua está relacionada con todos los objetivos de desarrollo sostenible y otros objetivos acordados internacionalmente, como el Acuerdo de París sobre el cambio climático (Naciones Unidas, 2015), el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 (UNISDR, 2015) y las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica (INABIO, 2020), entre otros.

Sin embargo, la pandemia del COVID-19 ha demostrado la importancia crucial del saneamiento, la higiene y el acceso adecuado al agua, teniendo en cuenta el uso de aguas con condiciones aceptables para prevenir y contener las enfermedades, no solamente en los humanos si no en los animales domésticos que consumen agua contaminada, lo que genera pérdidas económicas para las comunidades rurales. En este contexto, se ha diseñado un sistema de recolección agua no convencional complementario en conjunto con la Corporación Autónoma Regional CAR y docentes, estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Militar Nueva Granda, para las familias Buitrago y Moreno que hacen parte de la vereda Las Espigas del Municipio de Sesquilé Cundinamarca.

Ante esta problemática, se ha optado por desarrollar y poner en marcha un sistema de abastecimiento hídrico no convencional, aprovechando los sistemas de recolección ya implementados por la comunidad, complementándolos con los sistemas de casas aguateras, los diseños propuestos se sustentan en los estudios de oferta – demanda hídricas que garanticen que su implementación solucione la escasez del recurso hídrico que actualmente enfrenta la población de la vereda Las Espigas en los meses de estiaje, comprendidos entre los meses de enero, febrero, septiembre y diciembre.

El propósito de este proyecto es presentar un diseño que le permita a los habitantes de la vereda Las Espigas en el municipio de Sesquilé, capturar,

recolectar y almacenar el agua de lluvia con el propósito de utilizarla en diversas aplicaciones domésticas y agrícolas.

1. PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN

Los objetivos de Desarrollo del Milenio planteados en el año dos mil por la organización de las Naciones Unidas tiene como uno de los objetivos principales reducir el número de personas que no cuentan con el acceso al agua potable y al saneamiento básico (Naciones Unidas, 2023). Para el cumplimiento de este objetivo se han planteado diferentes alternativas en la que se destaca la captación de agua lluvia como una alternativa eficiente para disminuir y combatir esta problemática. Sin embargo, para el año 2020, aproximadamente 1 de cada 4 personas carecía de agua potable gestionada de forma segura en su hogar, casi la mitad de la población mundial carecía de saneamiento gestionado de forma segura y 494 millones de personas practican la defecación al aire libre (Naciones Unidas, 2023).

En vista de las estadísticas presentadas por el estudio Nacional de Agua (IDEAM, 2022), se muestra el índice de escasez de agua en el departamento de Cundinamarca destacando la importancia de tomar decisiones basadas en el análisis de la disponibilidad de este recurso; donde se registra la vulnerabilidad y disponibilidad de agua en el año medio y seco (IDEAM, 2022).

Municipio	Demanda anual (MMC)	Oferta media (MMC)	Oferta año seco (MMC)	Capacidad de regulación	Presión sobre calidad (DBO) miles-ton/año	Año medio			Año seco		
						Oferta reducida (MMC)	Relación demanda/oferta (%)	Vulnerabilidad disponibilidad de agua	Oferta reducida (MMC)	Relación demanda/oferta (%)	Vulnerabilidad disponibilidad de agua
Puerto Salgar	1,60	1110,00	1110,00	Moderada	1,84	1.110,00	0,14	Baja	1.110,00	0,14	Baja
Pulí	0,44	90,56	52,52	Baja	0,51	45,63	0,97	Media	26,47	1,67	Media
Quebradnegra	0,40	83,25	48,28	Muy baja	1,17	41,95	0,94	Alta	24,33	1,62	Alta
Quetame	0,51	198,66	105,29	Moderada	0,89	120,12	0,43	Baja	63,67	0,80	Baja
Quipile	1,17	46,43	39,47	Baja	3,11	23,40	5,00	Media	19,89	5,89	Media
Ricaurte	0,52	99,34	54,64	Baja	1,12	50,06	1,04	Media	27,53	1,89	Media
San Antonio del Tequendama	0,75	36,74	31,23	Baja	2,28	18,51	4,04	Media	15,73	4,75	Media
San Bernardo	1,53	138,10	111,86	Baja	3,57	69,59	2,19	Media	56,37	2,71	Media
San Cayetano	0,75	341,30	180,89	Baja	1,66	171,98	0,43	Media	91,15	0,82	Media
San Francisco	0,57	75,07	63,81	Muy baja	1,87	37,83	1,49	Alta	32,15	1,76	Alta
San Juan de Rioseco	0,97	158,98	92,21	Baja	1,73	80,11	1,21	Media	46,46	2,09	Media
Sasaima	0,72	70,02	59,51	Muy baja	2,63	35,28	2,03	Alta	29,99	2,39	Alta
Sesquilé	0,55	29,90	25,42	Baja	1,08	15,07	3,62	Media	12,81	4,25	Media
Sibaté	1,88	83,63	51,54	Baja	3,74	32,06	5,87	Alta	25,97	7,24	Alta
Silvania	1,550	107,54	87,10	Baja	3,44	54,19	2,86	Media	43,89	3,53	Media
Simijaca	0,80	86,88	39,96	Baja	1,43	43,78	1,82	Media	20,14	3,95	Media
Soacha - Granada	26,74	963,91	963,91	Baja	133,8	918,99	2,91	Media	914,28	2,93	Media
Sopó	1,53	841,00	841,00	Moderada	9,61	840,54	0,18	Baja	840,54	0,18	Baja

Tabla 1 Estudio Nacional de Agua; Fuente (IDEAM, 2017)

La vereda Las Espigas no es excepción a las dinámicas de escasez del recurso hídrico, donde la población enfrenta las condiciones de escasez del agua asociada al hecho que se localiza en la zona de la reserva forestal que no permite ningún desarrollo de obras de ingeniería civil que pueden afectar la integridad ecosistémica de la reserva.

Se identificó que durante 4 meses en diferentes etapas del año la comunidad no cuenta con el recurso hídrico, para dar solución a esta necesidad se estableció una colaboración entre la CAR y la UMNG, identificando a las familias prioritarias basándose en sus necesidades y estado de abastecimiento.

En una primera fase, se desarrolló una matriz que permitió la identificación de las familias que debían recibir prioridad, para la ejecución de esta evaluación se consideraron aspectos relacionados con sus necesidades domésticas, estado actual de su sistema de abastecimiento de agua y actividades agrícolas que realiza la comunidad.

1.2 DESCRIPCIÓN

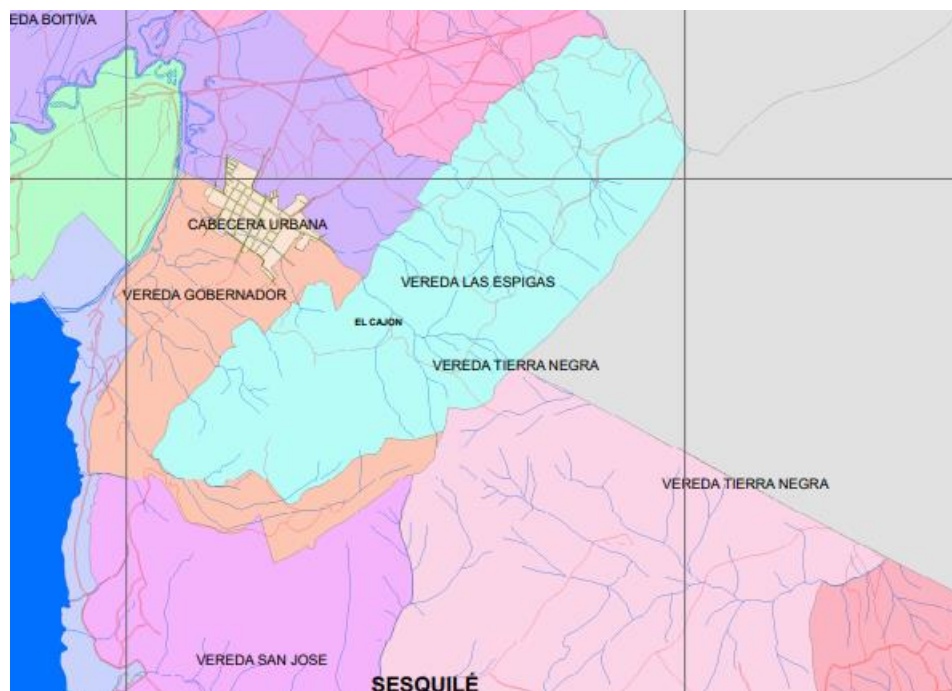


Ilustración 1 Mapa Vereda Espigas Municipio de Sesquilé; Fuente (PROINBAL, 2010)

La vereda Las Espigas se encuentra en la parte alta del municipio de Sesquilé Cundinamarca, donde el sistema de acueducto municipal no presenta cobertura debido a que se encuentra limitado a la zona urbana del municipio, dejando sin el recurso hídrico a la vereda, lo que ha causado dificultades a los habitantes. En esta zona rural se presentan actividades económicas agrícolas una demanda hídrica específica. La organización mundial de las Naciones Unidas argumenta en la conferencia sobre el agua (Naciones Unidas, 2023) la importancia al acceso equitativo al agua potable y la higiene ya que es fundamental para la salud pública mundial, para un medio ambiente sano y para el desarrollo social y económico (Naciones Unidas, 2022).

En la actualidad, se observa una situación problemática notable en la vereda Espigas del municipio de Sesquilé. La comunidad en esta área carece de un sistema adecuado para recolectar agua, lo que resulta en una aguda escasez durante los meses secos enero, febrero, septiembre y diciembre. Durante la temporada de lluvias, se utilizan sistemas que no aseguran una gestión apropiada del recurso hídrico lo que imposibilita el adecuado uso durante los meses donde más lo necesitan optando por pedir ayudas a las entidades locales para poder abastecerse del recurso.

Es por esto por lo que se pretende diseñar e implementar un sistema de abastecimiento hídrico no convencional para dos familias ubicadas en la vereda Las Espigas del municipio de Sesquilé, en el departamento de Cundinamarca, que para este proyecto se estudiarán los casos puntuales de las familias Buitrago y Moreno que actualmente enfrentan escasez del recurso hídrico, considerando que se sujetará principalmente al consumo doméstico. Para la familia Buitrago se encontró principalmente una desorganización de las redes de abastecimiento y de conducción, así mismo una recolección inadecuada ya que están expuestas las fuentes hídricas lo que ocasiona que se presente contaminación orgánica. Así mismo, se evidenció que la actividad económica que esta familia desarrolla les trae un gran impacto a las líneas de conducción ya que sus redes se encuentran expuestas con gran probabilidad de que se rompan y se pueda filtrar algún agente contaminante del suelo. Ahora bien, la segunda familia que se tomó para este proyecto es la familia Moreno que presentó características usuales que se pueden encontrar en una vivienda que presente escases de recurso hídrico, se encontró

que cuentan con un sistema de recolección no convencional deficiente, redes y reservorios expuestos y el no uso de algún tipo de sistema de filtración, lo que imposibilita en gran medida que esta familia pueda acceder y utilizar adecuadamente el agua.

Vale la pena resaltar que el sistema que se diseñará y se tendrán en cuenta los desarrollos ya adelantados por la población y se complementará con la alternativa de diseño planteada en la segunda fase del proyecto, teniendo en cuenta que esta vereda se encuentra en una zona de reserva forestal lo que impide que se desarrollen proyectos de Ingeniería Civil en este sector, así mismo contemplando que en esta zona, debido a esta condición, no se pueden desarrollar mejoramientos a las viviendas, ni actividades como ganadería que atenten contra el ecosistema presente en este lugar.

1.3 PLANTEAMIENTO

¿Para el desabastecimiento hídrico que se presenta en la vereda Las Espigas ubicada en el municipio de Sesquilé Cundinamarca, cuál sería el diseño hidráulico por desarrollar para dar una solución óptima, en donde se pueda mitigar la demanda hídrica a partir de las ofertas hídricas mínimas presentadas por la comunidad, implementando una alternativa donde se involucren soluciones individuales no convencionales para dos familias Buitrago y Moreno de la zona de estudio?

2. DELIMITACIÓN

2.1 CONCEPTUAL

Se pretende diseñar un sistema de abastecimiento hídrico no convencional complementario, para dos familias de la vereda Las Espigas del municipio de Sesquilé previamente estudiada en la fase I del proyecto, en el departamento de Cundinamarca. Tras el diseño se harán estudios de costos de los diseños propuestos.

2.2 GEOGRÁFICA

El proyecto se hará en la vereda Las Espigas, en el municipio de Sesquilé, departamento de Cundinamarca, República de Colombia a 2.595 m s. n. Cabe mencionar que la vereda Las Espigas se localiza en la reserva forestal de la cuenca alta del río Bogotá, según se especifica en la Resolución 0138 (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014).

Por consiguiente, en esta zona se permite el desarrollo de las siguientes actividades; manejo y aprovechamiento forestal, infraestructura y equipamientos básicos, agropecuaria y por último actividades de bajo impacto ambiental como se manifiesta en el artículo No 3 Resolución 0138 (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014).

Debido a esto se presentan restricciones a los diseños del presente proyecto; la construcción del sistema de abastecimiento no podrá superar una superficie de una hectárea, la instalación de la conducción no podrá sobre pasar un ancho de zanja de dos metros, esto pone a los diseños del proyecto ser funcionales y que no generen un impacto ambiental negativo importante.

2.3 CRONOLÓGICA

Durante seis meses a partir de la última semana de marzo y la primera semana de agosto del año 2023 se desarrollaron diferentes actividades dando inicio a la realización de la salida de campo, inidentificado la problemática con el acompañamiento de la comunidad y los interesados del proyecto. Posteriormente, realizaron los diseños hidráulicos del sistema hídrico para dos familias de la vereda Las Espigas, en donde se adoptó la normativa impuesta por la Resolución 0330 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). Para este fin se contó con los lineamientos del reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS; por último, se realizó una visita técnica para presentar los diseños definitivos a las familias Buitrago y Moreno realizando la entrega de los planos correspondientes a los diseños del sistema hidráulico y documentación técnica.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de abastecimiento hídrico no convencional para la familia Buitrago y Moreno que sea capaz de tratar la escasez del recurso hídrico para fines domésticos y agropecuarias, considerando estudios hidrológicos obtenidos en la vereda, presentando costos y presupuestos para desarrollar el proyecto en este sector.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Elaborar un sistema no convencional complementario de captación de agua que resulte de fácil implementación por parte de la comunidad, destinado a atender las necesidades hídricas de dos familias.
2. Evaluar el costo y presupuesto del sistema de recolección de agua, para dos familias
3. Realizar acercamiento con la comunidad, la alcaldía municipal y los funcionarios de la CAR para socializar el diseño del sistema.

4. ANTECEDENTES

En Colombia se presentan varias regiones y comunidades que tienen problemas con el acceso al agua. Estos problemas pueden variar desde el punto de ubicación geográfica, condiciones específicas que se presenten en cada región, escasez de aguas lluvias, contaminación del agua, cambios climáticos, entre otras.

En el municipio de Sesquilé, en el departamento de Cundinamarca, se identifica una serie de desafíos relacionados con la falta de infraestructuras confiables y puntos de suministro de agua que puedan garantizar un acceso constante y seguro a este recurso. Esto ha llevado a que la comunidad de la vereda Espigas en Sesquilé luche constantemente por asegurar el acceso a este elemento esencial. La ausencia de redes de acueducto en estas zonas se debe a que están ubicadas en áreas de reserva forestal, lo que limita la viabilidad de proyectos de ingeniería más amplios para preservar los ecosistemas locales. En momentos de sequía, estas condiciones se acentúan y afectan de manera significativa a la comunidad.

Es por esto por lo que se optó por la posibilidad de un trabajo articulado de la mano de la Universidad Militar Nueva Granada en alianza con la Corporación Autónoma Regional con el fin de buscar un apoyo entre las entidades para desarrollar proyectos ingenieriles y encontrar la solución a diferentes problemáticas de recursos hídricos y a su vez presentar un proyecto de cooperación firmado en el año 2021 que busca que se pueda brindar una solución a las personas que presentan esta problemática con ayuda de los estudiantes y de igual manera que

los alumnos puedan enriquecerse de conocimiento y ayuda a las personas desde el punto de vista ingenieril.

La etapa inicial de este acuerdo implicó la identificación de la vereda que experimentaba las mayores dificultades, y se eligió la vereda Las Espigas en el municipio de Sesquilé como la ubicación objetivo. Luego, se procedió a buscar una solución alternativa en respuesta a las condiciones encontradas en la zona como por ejemplo malas condiciones de recolección de agua, deficientes sistemas para temporadas de meses secos, contaminación por falta de control en los reservorios, entre otros, que se encontraron en esta zona teniendo en cuenta que se encuentra en reserva forestal y el impacto que se debe generar es mínimo.

El proyecto consiste en la segunda fase que busca encontrar soluciones según las condiciones económicas y ambientales a partir de un diseño que tenga la capacidad de poderse llevar a cabo en las condiciones en las que se encuentra la zona de reserva forestal, a su vez que cumpla con los requerimientos que necesitan las familias Buitrago y Moreno y cumpliendo con el objetivo de la oferta y demanda que se puede presentar en las viviendas de dichas familias de la vereda Espigas del municipio de Sesquilé, departamento de Cundinamarca.

4.1 INTERNOS

La primera fase de este proyecto tuvo lugar entre noviembre y diciembre del año 2022 donde alumnos de la Universidad Militar Nueva Granada Juan Diego Pérez

Rincón y Camilo Andrés Aponte Céspedes trabajaron como objetivo principal presentar una propuesta u alternativas de un tipo de sistema de abastecimiento conocido como “casas aguateras” o sistema de recolección hídrica no convencional para las poblaciones de áreas rurales. En el desarrollo del proyecto se tuvieron en cuenta diferentes aspectos con el fin de ser priorizados tales como aspectos sociales, económicos y ambientales que llevaron a cabo la presentación de una alternativa basándose en los resultados de una matriz de ponderación y con ayuda de estos resultados dar paso a la fase dos donde se tratan temas más específicos y tiene como objetivo brindar alternativas acordes con las características de falta de diseño y estudios que faciliten la recolección y permanencia en condiciones aceptables del recurso hídrico, y dar solución a estos tipos de problemáticas.

4.2 EXTERNOS

La humanidad es consciente de que en las últimas décadas hemos presentado diversas transformaciones en nuestro planeta, desde el no cuidado de los ecosistemas y la desinformación de estos temas, hasta la falta de tecnología y alcance para que las personas puedan acceder a sistemas más eficientes y poder conservar los recursos naturales.

En Colombia se han realizado múltiples estudios que permiten conocer la problemática y el estado actual por la que se enfrentan las poblaciones rurales con respecto al acceso del agua potable en sus viviendas para usos personales y agrícolas como se puede evidencia en el trabajo de grado de la Universidad Católica de Colombia “Modelo de gestión de acceso al agua potable en la comunidad de

Charquira municipio de Carmen de Carupa Cundinamarca” (Fresneda-Patiño, 2021), donde se identificó que el acceso al agua potable en Colombia inicio desde el año 1920 donde se estandarizó el servicio y por las etapas que se tuvieron que pasar durante los últimos años y las diferentes entidades que han estado a cargo del manejo y control del sector de agua potable.

Se dice que en Colombia según el libro El agua en la ciudad y los asentamientos urbanos (Ramirez, 2018) más de 11 millones de colombianos habitan en las áreas rurales, sin embargo, una tercera parte de esta población no cuenta con el acceso adecuado al suministro de agua potable. En Colombia, aparte de ser necesario un impacto más profundo en las comunidades rurales con temas de acceso a agua potable, es importante llevar a cabo reformas estructurales para resolver problemas como lo es el inadecuado marco normativo, la información deficiente, la poca atención que se presta a estas problemáticas por parte de los entes gubernamentales, los pocos prestadores de servicios de agua en zonas rurales, entre otros.

El agua influye en todos los aspectos del progreso y guarda vínculos con la mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Asimismo, promueve el crecimiento económico, respalda la salud de los ecosistemas y es esencial para la existencia misma, es por esto por lo que se puede afirmar que afecta principalmente a los países más vulnerables desde un punto de vista económico (Banco mundial, 2022). Estos países carecen de suficientes recursos para garantizar una amplia

cobertura de agua potable, lo que tiene un impacto significativo en la calidad de vida de sus habitantes.

Resolver el problema del acceso al agua potable en las zonas rurales requiere de un plan integral que incluya la cooperación entre el gobierno, las organizaciones no gubernamentales y la propia comunidad. Se deben desarrollar planes de acción que incluyan la mejora de los servicios de agua, el desarrollo de instalaciones de tratamiento de agua adecuadas, la promoción de formas sostenibles de proteger los recursos hídricos y el fortalecimiento del saneamiento y la higiene. Todo esto contribuirá a mejorar la calidad de vida y la salud de la población rural colombiana.

Ante esta situación, resulta evidente la necesidad de proponer un enfoque para aprovechar el agua de lluvia en cualquier parte donde este recurso escasee. Dicha propuesta es viable y puede brindar beneficios a comunidades enteras, permitiéndoles abordar tanto sus necesidades domésticas como agrícolas. Además, esta medida contribuiría a reducir el índice de enfermedades causadas por la falta de acceso a agua potable.

5. JUSTIFICACIÓN

La vereda Las Espigas carece de agua para realizar actividades domésticas y agrícolas. Con la realización de este proyecto se propone una solución para mitigar estas dificultades, proponiendo el diseño de un sistema de abastecimiento de

recolección de aguas lluvias basado en un sistema (SCALL) no convencional complementario, viable cumpliendo el marco normativo, ambiental y económico.

6. MARCO REFERENCIAL

Como marco de referencia se tendrá en cuenta el avance de la fase I del proyecto, en la cual se definieron los criterios de priorización de la población para el diseño de un sistema no convencional de abastecimiento hídrico complementario en el municipio de Sesquilé en la vereda Las Espigas.

Por otra parte, se realizó una salida de campo para identificar puntualmente la problemática de cada familia, recolectando los insumos necesarios para diseñar un nuevo sistema de abastecimiento hídrico.

6.1 MARCO TEÓRICO

Los sistemas de recolección de aguas lluvia no convencional o también denominados sistemas (RWH) y (SCALL) en su siglas en inglés han sido una solución alternativa para dar solución al desabastecimiento hídrico de poblaciones que no cuentan con una red de acueducto; esto debido a que el agua lluvia es blanda por naturaleza a diferencia del agua subterránea, casi no contiene sales o minerales disueltos, no requiere tratamiento químico y es una fuente de agua relativamente confiable para los hogares (Awawdeh, 2012).

De esta manera se pretende diseñar un sistema no convencional a partir de diseños posteriormente ejecutados donde se implementaron sistemas (RWH) y (SCALL) en Zhoushan, China. El sistema doméstico de recolección de agua de lluvia DRHS es una importante fuente de recolección de agua dulce para que Zhoushan, China, satisfaga la demanda de agua (Zhou, 2010). El proyecto DRHS es un ejemplo de la implementación de como los sistemas RWH Y SCALL captan agua lluvia en pro de cumplir una demanda hídrica para garantizar el acceso al agua dulce en condiciones de difícil acceso al agua.

RWH se define como métodos para recolectar y almacenar agua de lluvia utilizando técnicas convencionales, a partir de la utilización de elementos de fácil accesibilidad, obtención e instalación de bajo costo. Cada sistema RWH consta de superficies de captación preferiblemente impermeables para recolectar el agua de lluvia, por ejemplo, techos o superficies impermeables del suelo, sistemas de entrega para transportar el agua de lluvia desde la captación a los tanques de almacenamiento apropiados, por ejemplo, canaletas o desagües superficiales y el tanque de almacenamiento (Awawdeh, 2012).

6.2 MARCO CONCEPTUAL

1. Casas aguateras: La Casa Aguatera funciona con el principio técnico de un sistema (SCALL) para recoger y almacenar el agua lluvia de una forma más limpia. El agua que se recolecta o capta será de mejor calidad y tendrá beneficios para nuestra salud, esto siempre y cuando se le practiquen los

mantenimientos adecuados al sistema de recolección, conducción y filtración (Mundial, F. L., 2019).

2. Demanda doméstica de agua: Es importante enfocar que la demanda o el consumo de agua doméstica tiene dos factores, los cuales se dan de una forma directa e indirecta a la hora del gasto de este recurso hídrico; por una parte, se encuentra el consumo propio o vital en la población el cual es un gasto directo y el agua extraída no consumida. En el factor de consumo propio se encuentra que se usa para la cocina (preparación de alimentos, consumo de agua como fuente de hidratación), higiene, limpieza de ropa y, por último, el uso de sistemas sanitarios. Por otra parte, se evidenció los extraídos agua no consumida son las pérdidas que se presentan en la cadena de conducción (María Carmen Gonzales, 2010).

3. También es necesario tener en cuenta los habitantes por vivienda debido a que el consumo de agua doméstico depende de cuántas personas viven, de esta manera se logró identificar que la familia Buitrago cuenta con dos habitantes, una persona en cada casa identificada en el predio, por otro lado la familia Moreno cuenta con cinco habitantes distribuidos en dos viviendas; se puede evidenciar que una persona necesita aproximadamente 100 litros de agua el día, es decir que se requiere tener conocimiento de que personas se encuentran en la vivienda para así mismo poder tener exacto la cantidad de agua necesaria (Gobierno de México, 2010).

4. Diseño: Al hablar de diseño en Ingeniería civil, se describe como un proceso con dependencias como la creatividad, sistemática, que puede ser flexible (puede cambiar), también sustentado en las matemáticas y en las ciencias de la ingeniería, que buscan sacar un producto, para tener un mayor entendimiento (Acofi, 2013).
5. Escasez de agua: La escasez de agua en sí misma se basa en la falta comparativa de agua en un sistema de suministro de agua y puede resultar en limitaciones en el uso del agua (Kharraz, 2012)
6. Demanda hídrica: La demanda hídrica se define como la extracción del recurso para suplir las necesidades para el consumo humano, considerando la necesidad de cada persona para sobrevivir con este recurso, reconociendo que una persona necesita aproximadamente una cantidad de agua al día, además se define la extracción como la retención temporal del recurso hídrico (María Carmen Gonzales, 2010).
7. Oferta hídrica: La oferta hídrica superficial se refiere al volumen de agua continental, almacenada en los cuerpos de agua superficiales en un periodo determinado de tiempo, se cuantifica a través de la esorrentía y rendimientos hídricos ($l/s - km^2$) en las unidades espaciales de análisis

definidas en la zonificación hidrográfica de Colombia, clasificada en tres niveles; áreas, zonas y subzonas hidrográficas (IDEAM, 2014)

8. Cosecha de aguas lluvias: La cosecha de aguas lluvias se utiliza para reducir el consumo de agua potable, para esta cosecha se requieren instalar canaletas por los bordes de los tejados de las viviendas y conducir el agua hasta un tanque de almacenamiento (Vic, 2020).

6.3 MARCO INSTITUCIONAL

Se trabaja con la Corporación Autónoma Regional (CAR) en convenio con el programa de Ingeniería Civil, por último, la comunidad que se definió en la fase I Las Espigas del municipio de Sesquilé

6.4 MARCO LEGAL

Para el desarrollo y diseño del presente proyecto se aplicó la normativa vigente emitida por el Ministerio de Vivienda; resolución 0330 de 2017 Reglamento Técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS, Resolución 0844 de 2018 RAS rural, la resolución 0138 expedida el 31 de enero del 2014 emitida por la Corporación Autónoma Regional CAR, y por último la resolución 0138 de 2014 donde se manifiesta en el artículo cinco las diferentes restricciones de diseño para

ejecutar obras civiles en una zona de reserva forestal de la cuenca alta del río Bogotá (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014), con el propósito de salvaguardar los recursos naturales y desarrollar un diseño de abastecimiento no convencional, cumpliendo con los lineamientos técnicos mínimos y limitantes por ser reserva forestal, y estándares de calidad exigidos.

6.5 MARCO AMBIENTAL

La vereda Las Espigas está en una zona de reserva forestal, según se estableció en la resolución 0138 (Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, 2014), por ende, los estudios y diseños se realizaron teniendo en cuenta las restricciones emitidas por dicha resolución en su artículo cinco; por otra parte, con el objetivo de garantizar la calidad y proteger los recursos naturales de la zona, el sistema hídrico se diseñó bajo los lineamientos emitidos por la resolución 0844 de 2018 RAS rural.

7. METODOLOGÍA

A través de la siguiente metodología, se busca establecer un marco sólido para la recopilación de datos, análisis y la obtención de resultados significativos identificando los insumos, problemáticas y estrategias de solución.

Cabe resaltar que para cada problemática evidenciada in situ se diseñaron soluciones a través de fichas técnicas, desarrollando la problemática, causa,

solución y posibles costos. La información de las fichas técnicas y salidas de campo se encuentran estructuradas en los anexos correspondientes, iniciando en el anexo uno y finalizando en el anexo ocho.

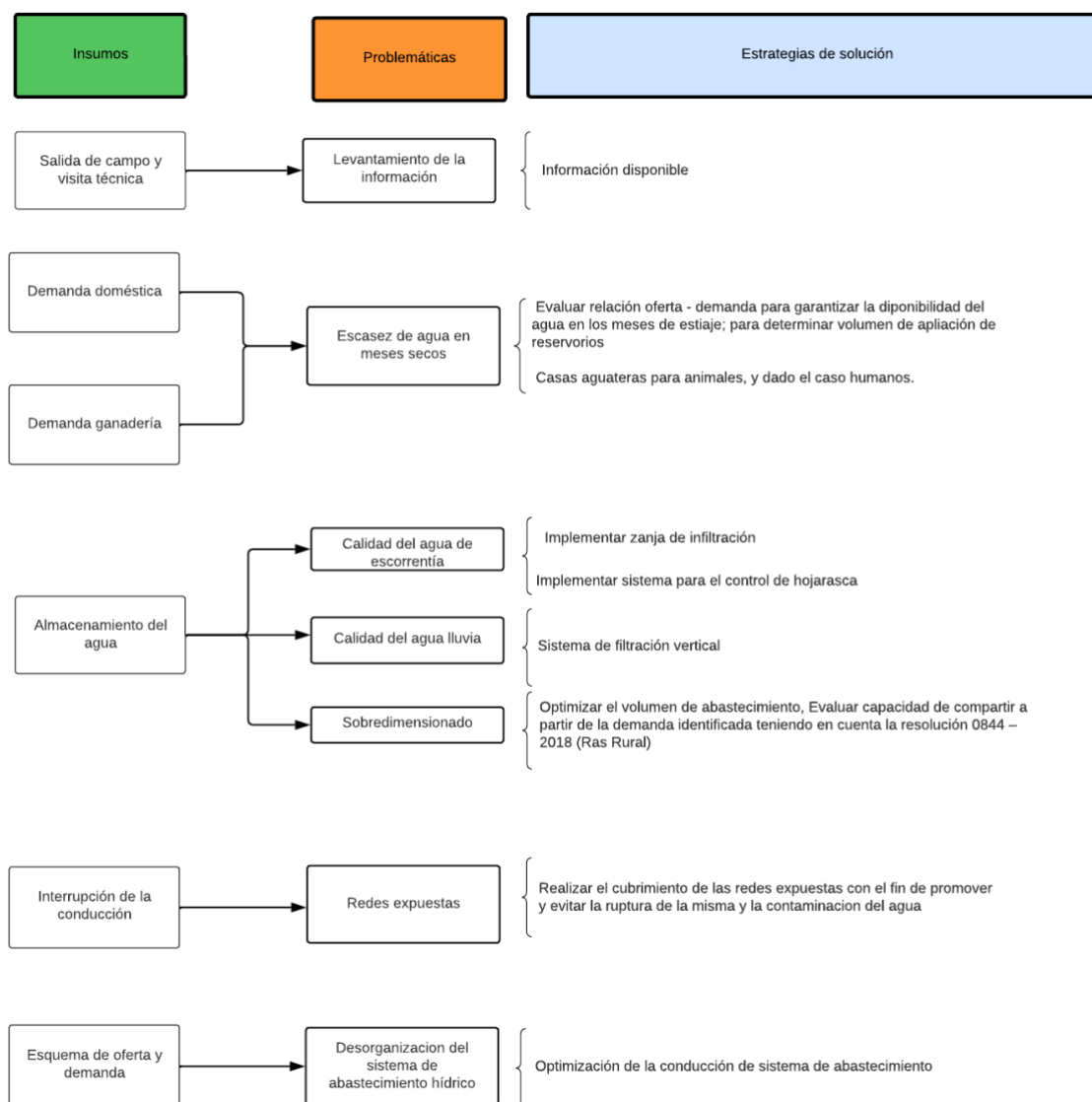


Ilustración 2. Metodología Proyecto; Fuente (Elaboración Propia)

En primera medida para desarrollar una metodología y adquirir un conocimiento general de las problemáticas que presenta cada familia Buitrago y Moreno, fue necesario llevar a cabo una salida de campo donde se lograron identificar las

dificultades que se presenta cada familia para captar, conducir, almacenar y distribuir agua en condiciones físicamente aceptables para abastecer la demanda del recurso hídrico requerida para desarrollar actividades domésticas y agropecuarias.

A través del conocimiento adquirido en la salida de campo se lograron identificar insumos asociados, para llevar a cabo el diseño del nuevo sistema hídrico como se evidencia en la ilustración 2 Metodología del proyecto; por otro lado, se recolectó información asociada a la caracterización del núcleo familiar y consumos del agua para obtener la demanda doméstica y ganadera siendo insumos indispensables para el diseño metodológico.

Seguidamente, con la obtención de la demanda doméstica y ganadera, se hace indispensable contar con un modo de almacenar agua con el fin de garantizar el recurso hídrico en los meses más críticos enero, febrero, septiembre y diciembre donde se presenta mayor estiaje a lo largo del año.

Por otro lado, es fundamental contar con un sistema de red de conducción que garantice el transporte seguro del recurso hídrico, evitando contaminación de este a lo largo de su trayecto. Es de gran importancia proteger el sistema de conducción ante lesiones mecánicas que causen intermitencias en su funcionamiento.

Posteriormente, es necesario realizar un trazado óptimo, con el propósito de evitar sobre costos en la implementación del sistema hídrico, haciendo un análisis

de la red actual que cuenta cada familia en su predio para identificar si es necesario realizar un nuevo trazado o realizar una reorganización a la red actual.

De manera general se identificó que para diseñar el nuevo sistema hídrico se presentan las problemáticas mencionadas en la ilustración 2 Metodología del proyecto para las familias Buitrago y Moreno.

Para dar solución a las siguientes problemáticas identificadas se presentan a continuación las estrategias de solución referentes a cada problemática como se especifica en la ilustración 2 Metodología del proyecto.

7.1 INFORMACIÓN DISPONIBLE

Para desarrollar el proyecto, se procede a identificar, recopilar y consultar información de la estación meteorológica más cercana a la vereda, con el fin de visualizar y analizar el comportamiento de las precipitaciones presentes en la zona identificado los meses con menor estiaje.

Por otra parte, se obtuvo información topográfica a partir del plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Sesquilé (PROINBAL, 2010). Se realizó recolección de información a partir de bases de datos en entidades gubernamentales como CAR, IDEAM, IGAC, MinVivienda y SGC esta información evidenciada en los portales oficiales de cada organización garantizando la autenticidad de esta.

Fuente	Información Obtenida	Enlace de Descarga
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	Tabla valores totales mensuales de precipitación en mm estación Bombas de Sesquilé	https://www.car.gov.co/vercontenido/2524?txtTextoabusc ar=bombas+de+sesquile+
Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR)	Resolución 0138 del 31 de enero del 2014	https://www.car.gov.co/uploads/files/5acb7870329e1.pdf
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)	Curvas IDF estación Simijaca	http://www.ideam.gov.co/curvas-idf
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Cartográfica Sesquilé (Cundinamarca) Plancha 209IVC Escala 1.25000	https://www.colombiaenmapas.gov.co/#
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda)	Resolución 0330 – 2017	https://minvivienda.gov.co/normativa/36istema36ón-0330-2017
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda)	Resolución 0844 – 2018	https://minvivienda.gov.co/normativa/36istema36ón-0844-2018
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MinVivienda)	Norma sismo resistente (NSR-10)	https://www.minvivienda.gov.co/taxonomy/term/2753
Servicio Geológico Colombiano (SGC)	Obtención del nivel de amenaza sísmica y los valores de Aa y Av	https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

Tabla 2 Información Disponible; Fuente (Elaboración Propia)

Toda la información geográfica que se obtuvo se trabajó mediante un sistema de información geográfico (SIG), utilizando el software QGIS para georreferenciar, ubicar las viviendas y organización mediante coordenadas planas cartesianas MAGNA Sirgas Colombia Bogotá con origen central.

Durante la salida de campo se obtuvo información primaria, realizando preguntas a las familias de los antecedentes históricos y percances que se han

presentado con el sistema actual, diligenciado un formato no controlado y un esquema parcial de como funcional sistema actual.

7.2 RELACIÓN OFERTA – DEMANDA PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN DURANTE LOS MESES DE SEQUÍA

A partir del uso del agua lluvia se pretende garantizar la disponibilidad de agua en la vereda Las Espigas del pueblo de Sesquilé, mediante la implementación de un sistema complementario para garantizar el consumo de agua requerido para desarrollar las diferentes actividades domésticas y agropecuarias

Para abordar esta problemática se debe seguir el siguiente diagrama de flujo el cual se detalla en el Anexo 1.

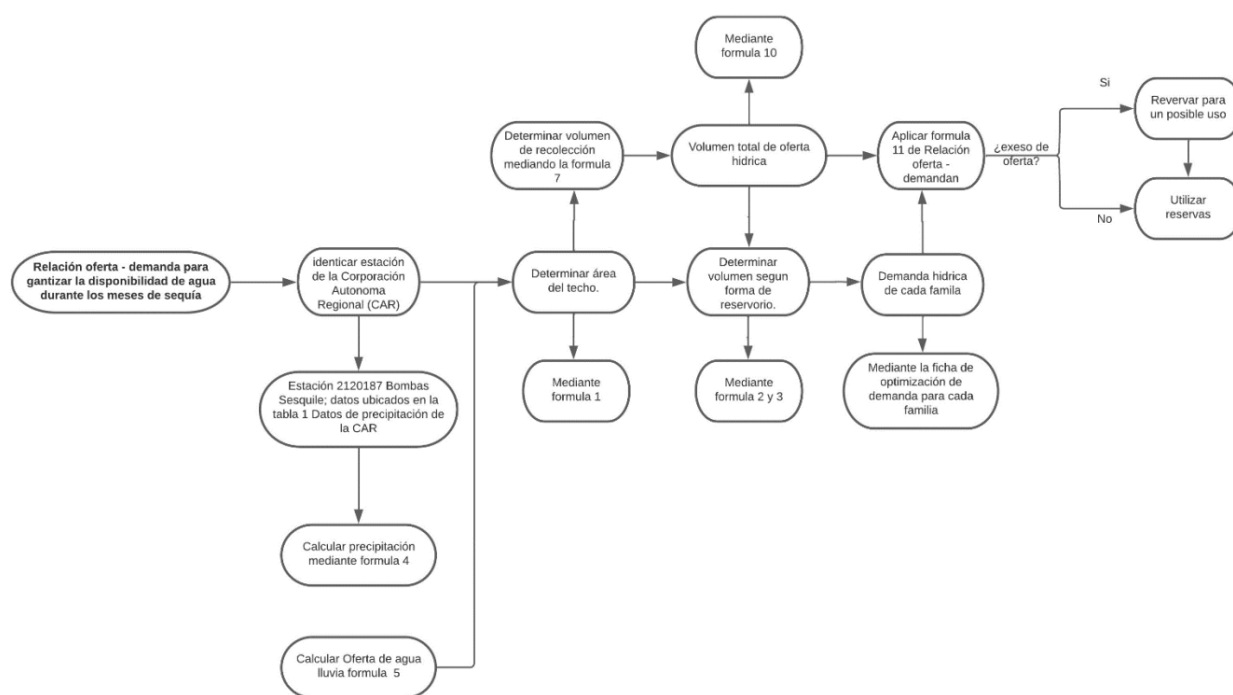


Ilustración 3 Ingeniera Conceptual; Fuente (Andrea Barragán 2023)

7.3 CASA AGUATERAS

A partir de los estudios realizados en la fase I en la vereda Las Espigas del municipio de Sesquilé Cundinamarca, los cuales han arrojado como resultado la implementación de una alternativa para recolectar agua lluvia a partir de la construcción de casas aguateras y/o ajustando los techos de las viviendas del sector ya existentes esto con el fin de abastecerse de agua, para realizar actividades agrícolas como la ganadería.

Para abordar esta problemática se debe seguir el siguiente diagrama de flujo el cual se detalla en el Anexo 2.

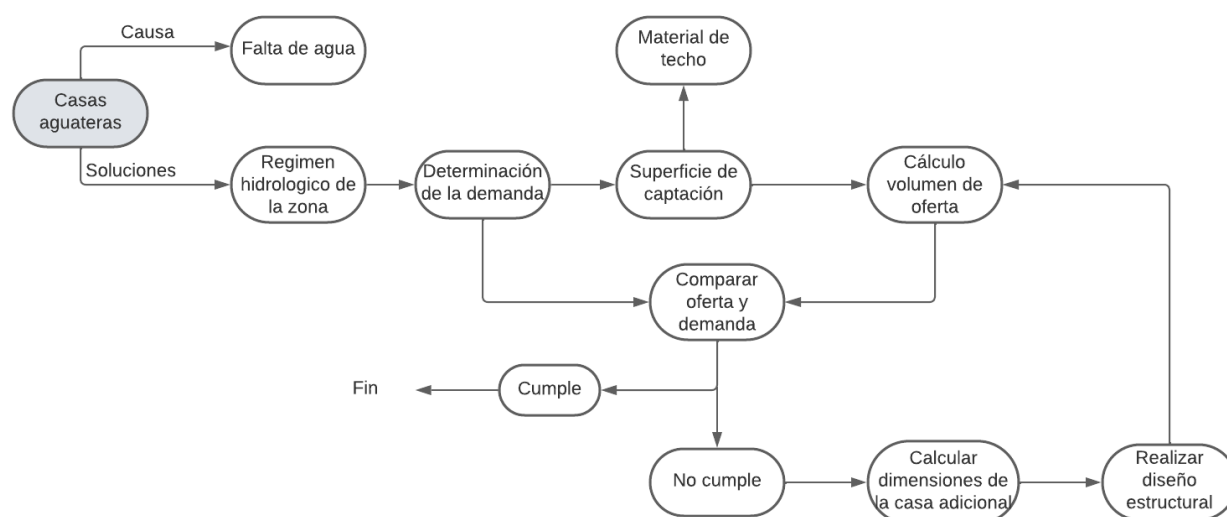


Ilustración 4. Diagrama de Flujo Construcción y Adecuación Casa Aguatera; Fuente (Nathalie Valencia,2023)

7.4 ZANJA DE INFILTRACIÓN

En la población en estudio, que está ubicada en la vereda Espigas del municipio de Sesquilé, algunas familias presentan problemas de contaminación en los reservorios existentes a causa del ganado que tienen en la parte superior de la montaña, ya que estos hacen sus necesidades básicas, y el agua que baja por escorrentía de la montaña va arrastrando la materia orgánica y demás contaminantes presentes hasta terminar almacenada en los reservorios, lo que causa que los habitantes de la zona consuman y hagan uso de un agua contaminada que puede causar enfermedades, esta solución a esta problemática se ve reflejada en el Anexo 3.

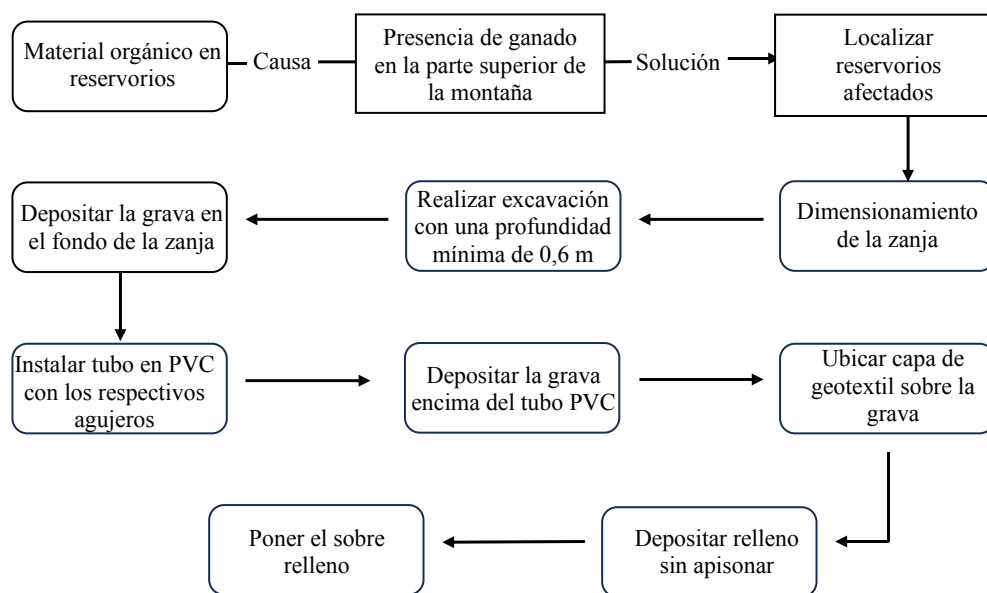


Ilustración 5 Realización de la Zanja; Fuente (Alexandra Gamboa, 2023)

7.5 CONTROL DE HOJARASCA

La comunidad de la vereda Espigas, en Sesquilé, enfrenta interrupciones en el suministro de agua debido a la falta de un sistema que resguarde los diferentes nacimientos y vertederos, afectando visualmente las propiedades físicas del agua. Para abordar estas problemáticas, es esencial tomar medidas que mantengan el recurso hídrico en condiciones óptimas para su uso diario. Una de las medidas necesarias es el control de la cantidad de hojas de los árboles cercanos a los depósitos, ya que estas hojas provocan la contaminación del agua con materia orgánica y otros residuos durante su descomposición.

Cabe aclarar que no realizó un muestreo evaluando las propiedades fisicoquímicas a profundidad para determinar la calidad del agua.

Para abordar esta problemática se debe seguir las recomendaciones técnicas las cuales se detallan en el Anexo 4.

7.6 FILTRACIÓN VERTICAL PARA EL TRATAMIENTO DEL AGUA

Los residentes de la vereda Espigas se les hace necesario disponer de agua que cuente con calidad adecuada que permita disponer de ella de forma segura. Por eso, resulta fundamental contar con dispositivos que satisfagan esta necesidad

en su sistema de suministro como lo hacen los filtros verticales conectados a su sistema de abastecimiento. La ausencia de adecuados sistemas de filtración podría poner en peligro la salud de quienes consumen el agua y la de los animales presentes en la zona.

La filtración desempeña un papel crucial al eliminar contaminantes y garantizar un suministro seguro y saludable de agua, es por esto por lo que se presenta una solución para eliminar agentes contaminantes que se encuentran en el agua lluvia ya que la elección del filtro adecuado dependerá del propósito para el cual se utilizará el agua. Sin embargo, se presentan filtros que pueden ser de utilidad para hacer un adecuado y seguro uso del agua.

Cabe aclarar que no realizó un muestreo evaluando las propiedades fisicoquímicas a profundidad para determinar la calidad del agua; no obstante, se pretende mejorar su calidad, sabiendo a través de unos indicadores evaluados en campo que nos indiquen que el agua disponible no es apta actualmente para consumo humano en algunos casos.

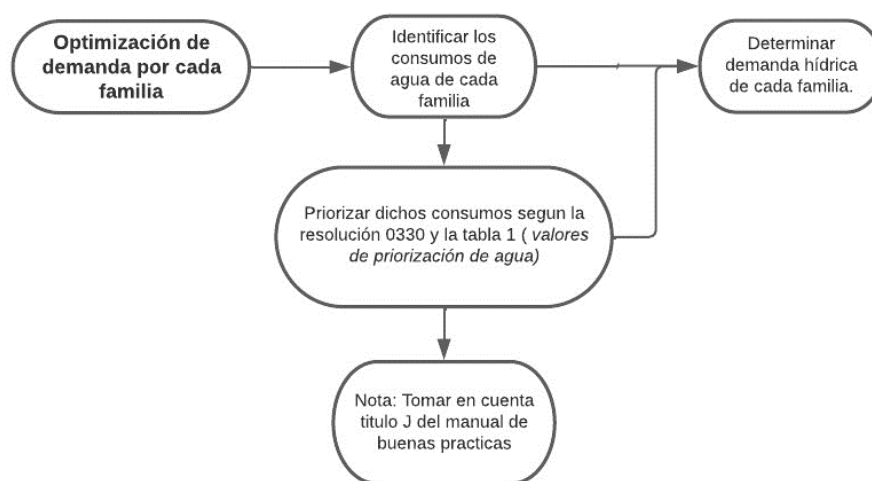
Para abordar esta problemática se deben seguir las recomendaciones técnicas las cuales se detallan en el Anexo 5.

7.7 OPTIMIZACIÓN DE DEMANDA DE AGUA POR CADA FAMILIA

La alternativa plateada para optimizar la demanda de agua requerida por cada familia consiste en priorizar el consumo de estas en ciertas actividades que se

consideran básicas, las cuales irán establecidas por el diseñador y/o familia, pero este deberá tener en cuenta la resolución 0330 de 2017 y la 0844 de 2018.

Para abordar esta problemática se debe seguir el siguiente diagrama de flujo el cual se detalla en el Anexo 6.



*Ilustración 6. Diagrama de Flujo Optimización de Demanda de Agua por Cada Familia;
Fuente (Andrea Barragan,2023)*

7.8 SISTEMA DE CUBRIMIENTO DE REDES DE ABASTECIMIENTO

En la comunidad de la vereda Las Espigas algunos de sus habitantes presentan interrupción en la conducción en sus sistemas de abastecimiento hídrico, debido a que su sistema de conducción actual no se encuentra protegido ante diferentes factores externos, causando interrupciones, fugas y desconexiones que en efecto causa intermitencias en el sistema de abastecimiento; por otra parte, algunos habitantes no cuentan con una red de conducción por lo cual se limita el acceso al suministro hídrico.

Para abordar esta problemática se debe seguir el siguiente diagrama de flujo el cual se detalla en el Anexo 7.

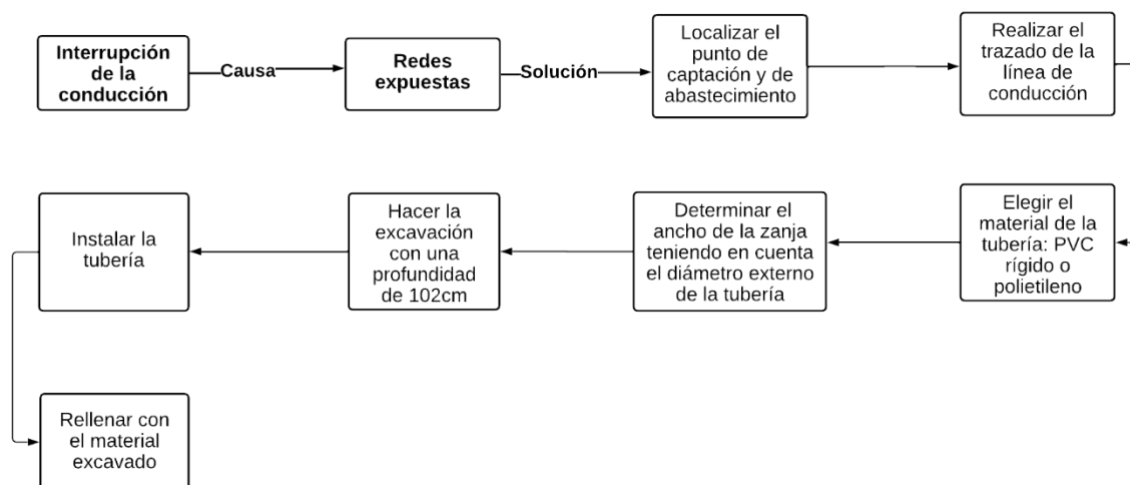


Ilustración 7. Diagrama de Flujo Solución a la Interrupción de la Conducción; Fuente (John Sebastián Carreño, 2023)

7.9 OPTIMIZACIÓN PARA EL SISTEMA DE CONDUCCIÓN

Es un proceso mediante el cual, lo que se busca es hacer un mejoramiento de calidad y eficiencia en la conducción de los sistemas de abastecimiento hídrico ya existentes, realizando el trazado que mejor se adapte a la problemática que presenta las familias, identificado la posibilidad de realizar un sistema que funcione a gravedad o la implantación de un sistema de bombeo.

Para abordar esta problemática se debe seguir el siguiente diagrama de flujo el cual se detalla en el Anexo 8.

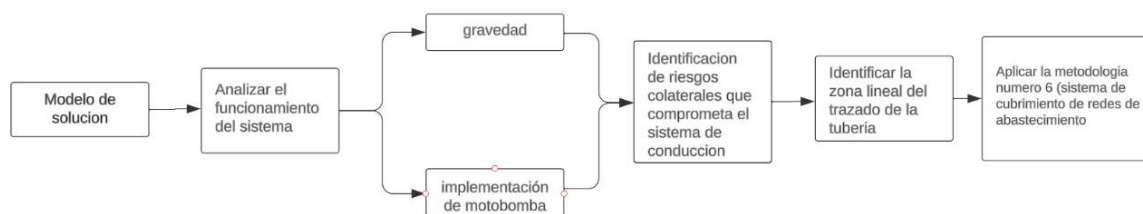


Ilustración 8. Diagrama de Flujo Optimización para el Sistema de Conducción; Fuente (Andrés Uribe ,2023)

8. CAPÍTULOS

8.1 CAPITULO I – Insumos

A partir de la fase I del presente proyecto, el cual se logró identificar la población vulnerable y la viabilidad de utilizar el agua lluvia como fuente de abastecimiento, teniendo en cuenta un análisis hidrológico previo utilizando la base de datos de la estación hidrometeorológica de la CAR 2120 187 Bombas Sesquilé se lograron

C.A.R. - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA													
SICUCA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica													
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)													
ESTACIÓN : 2120187 BOMBAS SESQUILÉ													
Latitud	5° 2' 12.9" N												
Longitud	73° 48' 39.3" W												
Elevación	2579 m.s.n.m												
	30°N-104°W												
	V-E-1029588												
Departamento	CUNDINAMARCA												
Municipio	SESQUILÉ												
Oficina Provincial	2 ALMEDAS- GUATAYITA												
Corriente	Cuenca												
EMB. TORME	EMB. TORME												
Categoría													
Fecha Instalación													
Fecha Suspensión													
PG	1010198												
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	
1964	16.3	45	76.4	52.4	103.1	76.4	37.7	64.1	100.4	35.3	101.4	4.9	
1965	17.2	46.3	50	57.1	72.9	52.4	45.1	35.5	82	136.3	91.3	39.9	
1966	23.5	109.5	70.4	43.7	76.6	87.5	82	33.9	36.4	194.4	69.9	9.3	
1967	31.6	30.1	23.9	64.2	76.6	31.3	49.4	35.6	30.5	125.9	44.6	32.1	
1968	6.6	35.4	24	37	70.6	57.7	52.4	81.9	74.4	73.6	67.3	51.4	
1969	10.6	43	191.7	56.9	86.1	83	89.4	26.6	36.1	15.1	35.1	19.9	
1990	409	46.9	30.8	79.1	72.2	48.3	31.1	40.6	15.3	133.2	37.8	91.4	
1991	36.5	13.6	101.9	36.4	35	29	110.6	65.4	22.6	83.7	118.3	20.4	
1992	11.1	42.8	36.3	42	22.9	21.7	64.4	39.2	54.6	13	109.9	50.7	
1993	60.1	56.7	46.1	56.2	170.1	59.3	66.1	31.9	5.4	80.9	80.9	2.6	
1994	29	26.6	46.2	62.4	93.9	40.4	46.9	60.9	30.2	66.2	73.9	18.5	
1995	13.7	26	55.6	59.6	43.4	56.6	44.6	77.2	16.3	59.6	37	74.4	
1996	33.2	53.9	77	34.5	66.6	39.1	129.6	17.6	41	36.4	40.7	14.2	
1997	55	14.8	0.4	12.4	25	22.6	75.7	42.7	16.7	26.3	10.8	3.8	
1998	1.6	3.6	55.6	20.9	19.3	3.7	2.9	16	44.5	26.7	9.5	2	
1999	36.6	56.1	67.2	76.5	45.3	91.2	26.5	60.7	65	146.4	124.1	49.2	
2000	95.3	64.9		9.7	27.7	54	64.6	66.3	95.9	66.5	35	21	
2001		9.5	15.7	12.5	67.9	35.6	76.1	34.6	35.3				
2002							26.7	45.9	15.7	35.2	24.9	0	
2003	0	12.1	0	0.5	16.8								
2006								23.2	29.2	96.3	57	34.1	
2007	0	10.1	45.7	74.9	82.4	66.1	15.6		23.3	104.9	32	15.9	
2008	32.7	23	32.6	49.1	95.6	83	72.6	60.3	23.4	65.9	167.8	34.1	
2009	64.6	19.1	82.8	31.6	61.2	37.6	56.1	51.6	30.6	50.7	47.7	2.5	
2010	0	10.7	17.2	133.9	62.9	24.1	87	63.5	79.6	106.6	109.9	56.3	
2011	14.6	31.6	115.3	226.1	97.2	62.3	45.2	31.6	39.2	143.6	207.6	39.4	
2012	31.6	13.6	74.2	223.4	53	72.2	99.3	71.7	30.4	115.5	0	11.1	
2013	46.2	45.7	100	121.3	16.4	54.9	57.6	26.3	66.5	130	66.5	53.3	
2014	19	16.4	105.2	43	66.1	74.1	76.2	47.7	44.9	62.4	106.7	33	
2015	3.5	41	26.7	23.6	14.3	101.4	60.7	63.2	12.7	1.6	74.6	6	
2016	12.8	15.4	35.3	96.3	55.6	51.5	72.6	51.2	96.3	54.6	95.5	36.3	
2017	66.4	46.6	142.3	57.7	119.6	60.7	56.1	41.7	36	25.9	56.6	63	
2018	19.3	19.3	61.6	136.6	63.2	63.6	93.4	50.3	31.5	67.4	46.2	0	

obtener los valores totales mensuales de precipitación presentados en la zona, identificando los meses más críticos de menor estiaje los cuales son febrero y diciembre.

Se realizó una segunda visita técnica a la vereda Las Espigas el día tres de marzo del dos mil veintitrés (3/03/2023) donde se realizó un levantamiento de información técnica para abordar la problemática, esto con el fin de obtener información acerca de las condiciones que se encontraban en el lugar tales como distribuciones de las redes de abastecimiento y de conducción, sistemas de recopilación y almacenamiento de agua, datos de habitantes por vivienda, puntos de recolección de agua y cantidad de reservorios presentes en los predios de cada familia con el fin de poder encontrar y analizar mejor las condiciones de cada una de estas. Por otra parte, la visita se gestionó individualmente para cada familia esto con el fin de plantear una solución individual para cada predio teniendo presente sus actividades domésticas y sus actividades agrícolas.

Tabla 3 Datos de Precipitación de la Corporación Autónoma Regional (CAR); Fuente (Corporación Autónoma Regional (CAR), 2023)

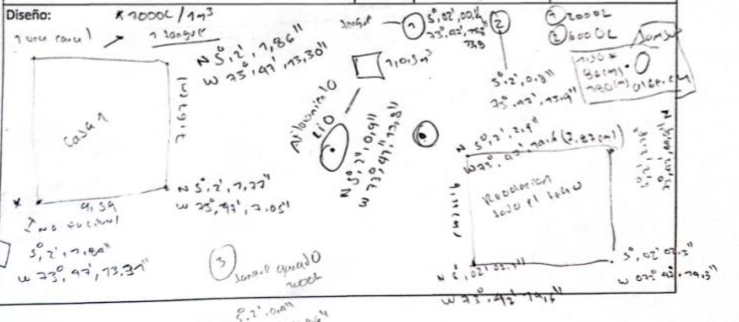
Con el propósito de comprender la situación de las familias Buitrago y Moreno, así como para obtener datos y detalles relevantes sobre sus condiciones y problemáticas específicas, y recopilar información demográfica, se implementó un formato de levantamiento inicial de información. Este formato se diseñó con la finalidad de crear un panorama general de la situación actual, lo que permitirá desarrollar una propuesta de ingeniería conceptual y encontrar posibles soluciones.

[illegible]

Municipio	GUADUPE	Coordenadas	X	Y	 UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	 CNFR	
Vereida	VEREDA C	Casa					
N° habitantes y viviendas		Reservorio					
Número Familia	21 (11, 13, 4, 1, 2, 3, 4, 5)	Id de colutor:					
Observaciones reservorio: (color de agua, filtración, recubrimiento)							

Área casaf(s)		Largo casa (m)		
Área techos				
Dimensiones de reservorio	ancho	largo	profundidad	volumen
Uso del agua	Domestico	Agricultura	ganadero	
caracterización	Cantidad de m ³ de cultivo		Cantidad de animales	
	Tipo de cultivo		Tipo de animal	
Puede compararse el sistema	SI		NO	

Diseño:



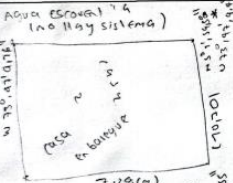
Handwritten notes and calculations on the design:

- Reservorio: 7.167m x 4.154m
- Casa: 7.167m x 7.167m
- Pozo: 1.0m x 1.0m
- Área: 7.167m x 7.167m
- Volumen: 7.167m x 7.167m x 7.167m
- Reservorio: 7.167m x 7.167m
- Casa: 7.167m x 7.167m
- Pozo: 1.0m x 1.0m
- Área: 7.167m x 7.167m
- Volumen: 7.167m x 7.167m x 7.167m

Ilustración 9 Recopilación de Datos en Visita de Campo Familia Buitrago ; Fuente (Elaboración Propia)

Municipio	El Cope, mirino	Coordenadas	X	Y	 UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA	 CFIA CONSEJO FISCAL INTERMUNICIPAL
Vereda	La Sapioca	Casa				
N° habitantes y vivienda	4	Reservorio				
Nombre Familia		# de celular				
Observaciones reservorio: (color de agua, filtración, recubrimiento)						
Ancho casa(m)		largo casa (m)				
Area techo		ancho	largo	profundidad	volumen	
dimensiones de reservorio						
Uso del agua	Domestico	Agrícola		Ganadero		
	X	X		X		
		Cantidad de m3 de cultivo		Cantidad de animales		
		18		18		
caracterización		Tipo de cultivo		Tipo de animal		
		Café		vacas		
Puede compartir el sistema	SI	NO				

Diseño: Agua (reservorio) y (no hay sistema)



7.28(m)

1.07(m)

Area = 7.28 x 1.07 = 7.78 m²

Perimetro = 2 x (7.28 + 1.07) = 16.70 m

no hay sistema

2. Material (Diente) para (cemento)

3. Paso (cemento) no recomendado

4. Paso (cemento) no recomendado

5. Paso (cemento) no recomendado

6. Paso (cemento) no recomendado

7. Paso (cemento) no recomendado

8. Paso (cemento) no recomendado

9. Paso (cemento) no recomendado

10. Paso (cemento) no recomendado

11. Paso (cemento) no recomendado

12. Paso (cemento) no recomendado

13. Paso (cemento) no recomendado

14. Paso (cemento) no recomendado

15. Paso (cemento) no recomendado

16. Paso (cemento) no recomendado

17. Paso (cemento) no recomendado

18. Paso (cemento) no recomendado

19. Paso (cemento) no recomendado

20. Paso (cemento) no recomendado

21. Paso (cemento) no recomendado

22. Paso (cemento) no recomendado

23. Paso (cemento) no recomendado

24. Paso (cemento) no recomendado

25. Paso (cemento) no recomendado

26. Paso (cemento) no recomendado

27. Paso (cemento) no recomendado

28. Paso (cemento) no recomendado

29. Paso (cemento) no recomendado

30. Paso (cemento) no recomendado

31. Paso (cemento) no recomendado

32. Paso (cemento) no recomendado

33. Paso (cemento) no recomendado

34. Paso (cemento) no recomendado

35. Paso (cemento) no recomendado

36. Paso (cemento) no recomendado

37. Paso (cemento) no recomendado

38. Paso (cemento) no recomendado

39. Paso (cemento) no recomendado

40. Paso (cemento) no recomendado

41. Paso (cemento) no recomendado

42. Paso (cemento) no recomendado

43. Paso (cemento) no recomendado

44. Paso (cemento) no recomendado

45. Paso (cemento) no recomendado

46. Paso (cemento) no recomendado

47. Paso (cemento) no recomendado

48. Paso (cemento) no recomendado

49. Paso (cemento) no recomendado

50. Paso (cemento) no recomendado

51. Paso (cemento) no recomendado

52. Paso (cemento) no recomendado

53. Paso (cemento) no recomendado

54. Paso (cemento) no recomendado

55. Paso (cemento) no recomendado

56. Paso (cemento) no recomendado

57. Paso (cemento) no recomendado

58. Paso (cemento) no recomendado

59. Paso (cemento) no recomendado

60. Paso (cemento) no recomendado

61. Paso (cemento) no recomendado

62. Paso (cemento) no recomendado

63. Paso (cemento) no recomendado

64. Paso (cemento) no recomendado

65. Paso (cemento) no recomendado

66. Paso (cemento) no recomendado

67. Paso (cemento) no recomendado

68. Paso (cemento) no recomendado

69. Paso (cemento) no recomendado

70. Paso (cemento) no recomendado

71. Paso (cemento) no recomendado

72. Paso (cemento) no recomendado

73. Paso (cemento) no recomendado

74. Paso (cemento) no recomendado

75. Paso (cemento) no recomendado

76. Paso (cemento) no recomendado

77. Paso (cemento) no recomendado

78. Paso (cemento) no recomendado

79. Paso (cemento) no recomendado

80. Paso (cemento) no recomendado

81. Paso (cemento) no recomendado

82. Paso (cemento) no recomendado

83. Paso (cemento) no recomendado

84. Paso (cemento) no recomendado

85. Paso (cemento) no recomendado

86. Paso (cemento) no recomendado

87. Paso (cemento) no recomendado

88. Paso (cemento) no recomendado

89. Paso (cemento) no recomendado

90. Paso (cemento) no recomendado

91. Paso (cemento) no recomendado

92. Paso (cemento) no recomendado

93. Paso (cemento) no recomendado

94. Paso (cemento) no recomendado

95. Paso (cemento) no recomendado

96. Paso (cemento) no recomendado

97. Paso (cemento) no recomendado

98. Paso (cemento) no recomendado

99. Paso (cemento) no recomendado

100. Paso (cemento) no recomendado

101. Paso (cemento) no recomendado

102. Paso (cemento) no recomendado

103. Paso (cemento) no recomendado

104. Paso (cemento) no recomendado

105. Paso (cemento) no recomendado

106. Paso (cemento) no recomendado

107. Paso (cemento) no recomendado

108. Paso (cemento) no recomendado

109. Paso (cemento) no recomendado

110. Paso (cemento) no recomendado

111. Paso (cemento) no recomendado

112. Paso (cemento) no recomendado

113. Paso (cemento) no recomendado

114. Paso (cemento) no recomendado

115. Paso (cemento) no recomendado

116. Paso (cemento) no recomendado

117. Paso (cemento) no recomendado

118. Paso (cemento) no recomendado

119. Paso (cemento) no recomendado

120. Paso (cemento) no recomendado

121. Paso (cemento) no recomendado

122. Paso (cemento) no recomendado

123. Paso (cemento) no recomendado

124. Paso (cemento) no recomendado

125. Paso (cemento) no recomendado

126. Paso (cemento) no recomendado

127. Paso (cemento) no recomendado

128. Paso (cemento) no recomendado

129. Paso (cemento) no recomendado

130. Paso (cemento) no recomendado

131. Paso (cemento) no recomendado

132. Paso (cemento) no recomendado

133. Paso (cemento) no recomendado

134. Paso (cemento) no recomendado

135. Paso (cemento) no recomendado

136. Paso (cemento) no recomendado

137. Paso (cemento) no recomendado

138. Paso (cemento) no recomendado

139. Paso (cemento) no recomendado

140. Paso (cemento) no recomendado

141. Paso (cemento) no recomendado

142. Paso (cemento) no recomendado

143. Paso (cemento) no recomendado

144. Paso (cemento) no recomendado

145. Paso (cemento) no recomendado

146. Paso (cemento) no recomendado

147. Paso (cemento) no recomendado

148. Paso (cemento) no recomendado

149. Paso (cemento) no recomendado

150. Paso (cemento) no recomendado

151. Paso (cemento) no recomendado

152. Paso (cemento) no recomendado

153. Paso (cemento) no recomendado

154. Paso (cemento) no recomendado

155. Paso (cemento) no recomendado

156. Paso (cemento) no recomendado

157. Paso (cemento) no recomendado

158. Paso (cemento) no recomendado

159. Paso (cemento) no recomendado

160. Paso (cemento) no recomendado

161. Paso (cemento) no recomendado

162. Paso (cemento) no recomendado

163. Paso (cemento) no recomendado

164. Paso (cemento) no recomendado

165. Paso (cemento) no recomendado

166. Paso (cemento) no recomendado

167. Paso (cemento) no recomendado

168. Paso (cemento) no recomendado

169. Paso (cemento) no recomendado

170. Paso (cemento) no recomendado

171. Paso (cemento) no recomendado

172. Paso (cemento) no recomendado

173. Paso (cemento) no recomendado

174. Paso (cemento) no recomendado

175. Paso (cemento) no recomendado

176. Paso (cemento) no recomendado

177. Paso (cemento) no recomendado

178. Paso (cemento) no recomendado

179. Paso (cemento) no recomendado

180. Paso (cemento) no recomendado

181. Paso (cemento) no recomendado

182. Paso (cemento) no recomendado

183. Paso (cemento) no recomendado

184. Paso (cemento) no recomendado

185. Paso (cemento) no recomendado

186. Paso (cemento) no recomendado

187. Paso (cemento) no recomendado

188. Paso (cemento) no recomendado

189. Paso (cemento) no recomendado

190. Paso (cemento) no recomendado

191. Paso (cemento) no

Ilustración 10 Recopilación de Datos en Visita de Campo Familia Moreno; Fuente (Elaboración Propia)

Se realizó un registro fotográfico de cada predio visitado, evidenciando las diferentes particularidades y dificultades que presenta cada familia encontrando que cada familia presenta problemáticas similares. Para el caso de la familia Buitrago se logró evidenciar que se encuentra presente una desorganización general del sistema de recolección y distribución a las viviendas, no se evidencia ningún control ante agentes contaminantes, los nacimientos de agua se encuentran con contaminación por hojarasca, fisuras y grietas en las redes debido a su actividad económica y por otra parte la familia Moreno se observó que presenta condiciones de falta de mayor volumen de agua, reservorios con infiltración y contaminación por hojarasca, redes de abastecimiento y distribución expuestas, estructuras de una de las viviendas deficientes para la captación de agua y ayuda al sistema. Además, se identificaron los insumos disponibles en los terrenos de cada familia con el propósito de planificar y configurar un sistema de suministro de agua no convencional. Para

llevar a cabo este proceso, se emplearon dispositivos de GPS de alta precisión para determinar las coordenadas de los reservorios y se utilizaron las curvas de nivel obtenidas de los mapas ráster. Esto fue esencial para lograr un diseño apropiado que se basara principalmente en la gravedad para la distribución del recurso hídrico. A continuación, se pueden evidenciar las problemáticas encontradas en cada familia por medio de un registro fotográfico obtenido en la salida de campo.

Problemáticas familia Moreno:





Ilustración 11 Imágenes Vivienda Caso de Estudio Familia Moreno Fuente; (Elaboración Propia)

Problemáticas familia Buitrago:





Ilustración 12. Imágenes Vivienda Caso de Estudio Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)

Para realizar el levantamiento de la información y geolocalización espacial, se hizo uso de herramientas como cinta métrica para medir longitudes de las viviendas , reservorios y/o nacimientos , para la geolocalización se utilizó un GPS de alta precisión el cual se tomaron coordenadas geográficas del lugar y de las diferentes fuentes hídricas evidenciadas o posibles, entendiéndose como fuentes hídricas o posibles nacimientos de agua, tanques de almacenamiento de agua y casas con capacidad de recolectar agua lluvia. Dicha información se procesó en un sistema de información geográfica QGIS obteniendo como resultado es siguiente plano topográfico, donde se puede evidenciar la casa 1 que corresponde al caso de estudio de la familia Moreno y la casa 2 que corresponde al caso de estudio de la familia Buitrago.

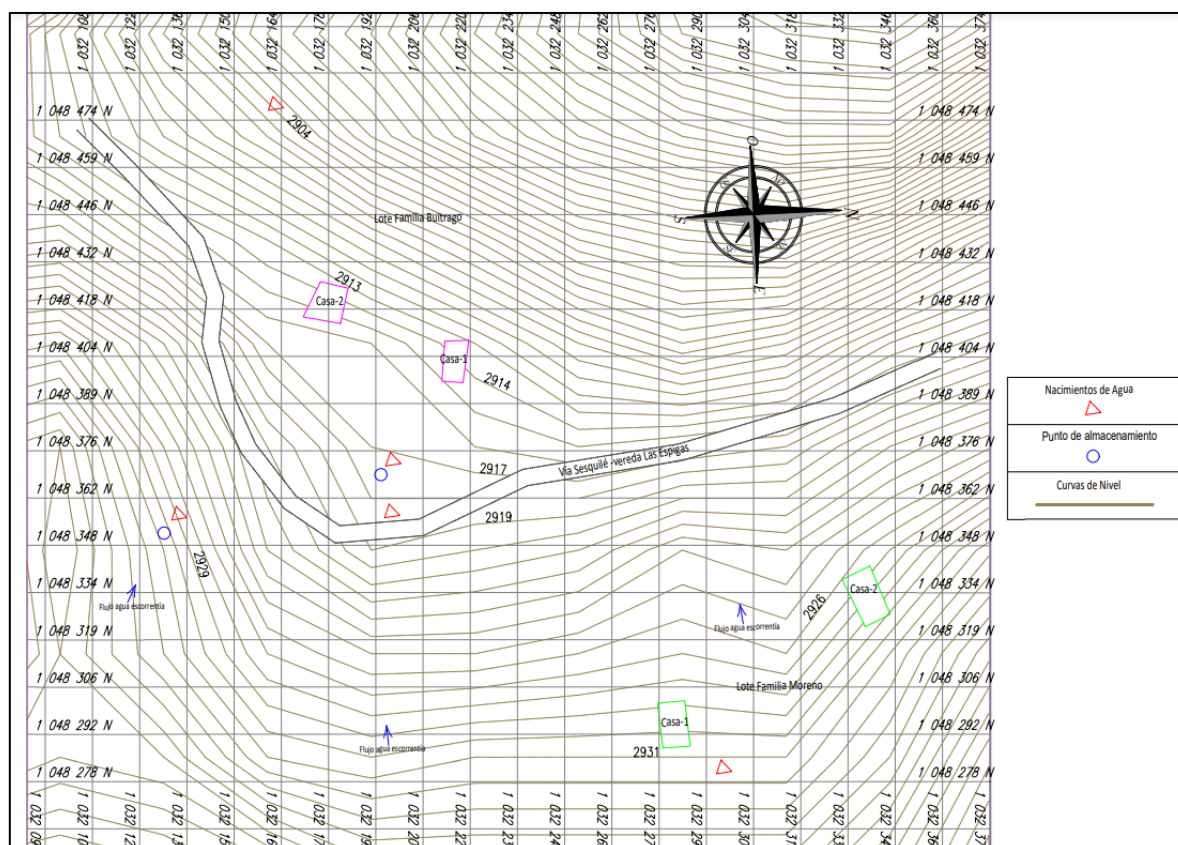


Ilustración 13. Esquema Distribución de Familias; Fuente (Elaboración propia)

Como se puede observar en el plano topográfico se evidencian las diferentes fuentes de agua o posibles fuentes de captación de agua lluvia, como son las viviendas de cada familia, de color azul lo nacimientos de agua y de color rojo los diferentes tanques de almacenamiento de agua lluvia, teniendo como resultado el panorama general de estas dos familias, visualizando el comportamiento topográfico de la zona de estudio. A continuación, se presenta la siguiente tabla donde se puede evidenciar con mejor claridad los nacimientos y tanques presentes para cada familia.

Familia Moreno:

RESERVORIO	Grados Minutos Segundos				Dimensiones: D:6,10m ; P:3,0m
1	N	5	1	58,09	
	W	73	43	10,05	

Tabla 4. Ubicación y Dimensiones Reservoirio Familia Moreno; Fuente (Elaboración Propia)

Familia Buitrago:

Nacimiento	Grados		Minutos	Segundos			
1	N	5	2	0,9			
	W	73	47	13,8			
2	N	5	2	0,9	Dimensiones	3m x 2.80 m x 1.14m	
	W	73	47	15,98			
Tanques							
1	N	5	2	0,4	Capacidad	2000 L	
	W	73	47	13,8			
2	N	5	2	0,8	Capacidad	6000 L	
	W	73	47	13,9			
3	N	5	2	0,4	Capacidad	1000L	
	W	73	47	15,86			
4	N	5	2	4,54	Dimenciones	1.50m x 0.86 m x 1.80 m	
	W	73	47	15,4			
5	N	5	2	1,84	Capacidad	1000 L	
	W	73	47	13,31			
6	N	5	2	2,78	Capacidad	1000 L	
	W	73	47	14,59			

Tabla 5. Ubicación y Dimensiones Reservoirio Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)

8.2 CAPITULO II– Contextualización Fase I

El presente proyecto se desarrolló a partir de la investigación realizada en la fase uno, donde el objetivo general que se planteo fue “Proponer un sistema de abastecimiento de agua alternativo para zonas rurales aisladas del departamento de Cundinamarca, contando con los criterios ambientales, sociales y económicos” con el fin de establecer una solución a la problemática a partir de la cuestión planteada “¿Qué alternativas de sistemas de abastecimiento hídrico no

convencionales podrían ser implementadas en zonas rurales del departamento de Cundinamarca cumpliendo con criterios de priorización, ambientales, sociales y económicos?” se implementó un plan de trabajo conjunto con la CAR y la Universidad Militar Nueva Granada para identificar las zonas más afectadas del departamento de Cundinamarca.

El plan de trabajo que se estableció consistió en realizar una revisión de los sistemas de abastecimiento de agua, analizar la sistematización de alternativas de abastecimiento de agua, identificación y priorización de la zona para la aplicación de la propuesta, identificación de los criterios de priorización, teniendo en cuenta que estos criterios fueron ambientales, sociales y económicos, ya identificada la zona se delimitó a las veredas más críticas realizando un análisis climático de las veredas priorizadas para posteriormente hacer la selección del sistema alternativo de abastecimiento a diseñar.

Como resultado de la primera etapa del proyecto, se determinó que las comunidades de Las Espigas y Tierra Negra en el municipio de Sesquilé se encuentran en una situación crítica debido a la insuficiencia de suministro de agua, lo que afecta sus labores tanto domésticas como agrícolas.

Por último, se logró identificar a partir de la matriz de ponderación, el sistema de abastecimiento de agua que más familias favorece a la comunidad como se evidencia en el siguiente gráfico, recomendado el tipo de sistema de abastecimiento

de agua a diseñar a partir del uso de casas aguateras con el fin de recolectar agua lluvia para posteriormente satisfacer la demanda hídrica presentada en la zona.

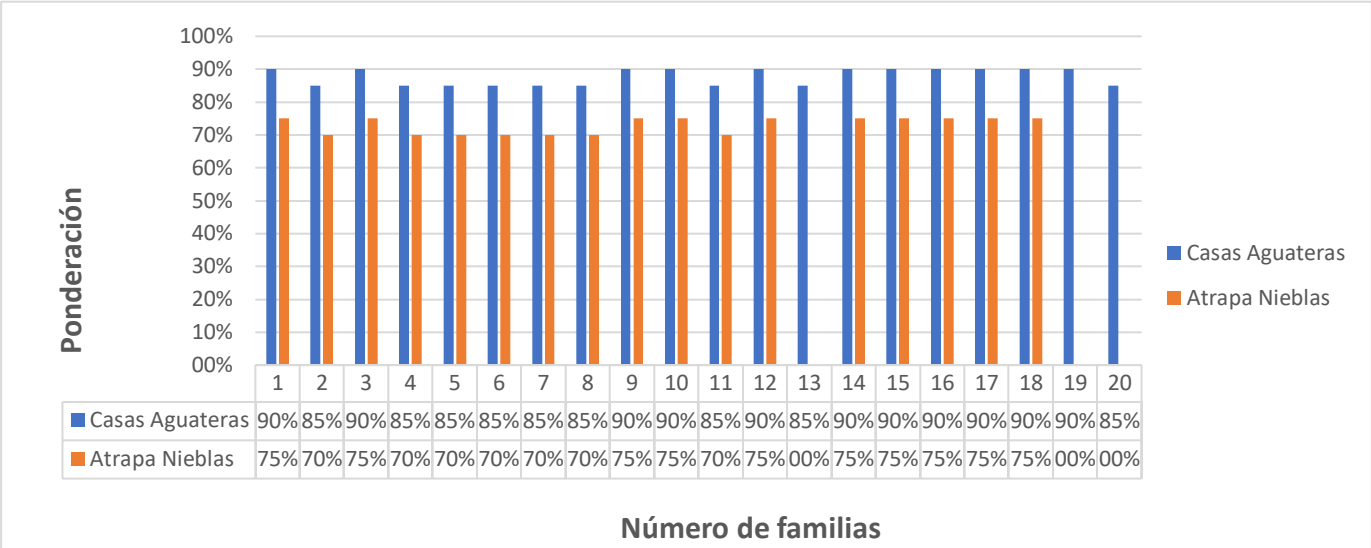


Tabla 6. Fase 1 Proyecto, Resultado de la Matriz de Ponderación para la Priorización de las Alternativas de Abastecimiento Hídrico y las Familias Beneficiadas; Fuente (Camilo Céspedes, Juan Pérez,2022)

8.3CAPITULO III – Caracterización de la zona

La caracterización de la zona es importante ya que este permite comprender y describir las características, condiciones y elementos que presenta la población a tratar en la vereda Espigas del municipio de Sesquilé, y es importante tenerla en cuenta para la correcta toma de decisiones y planificación adecuada de la propuesta de diseño y así lograr satisfacer la necesidad que hoy en día aqueja a dicha población. Según las visitas técnicas que se llevaron a cabo a las viviendas en cuestión se logró evidenciar que se presentan una serie de eventos que no permiten que los habitantes de la vereda Espigas puedan tener un recurso hídrico aceptable y seguro. La vereda cuenta con ecosistemas que están abundantemente cubiertos

de vegetación y recursos hídricos explotables. No obstante, la contaminación causada por la actividad económica de la población obstaculiza su uso adecuado, planteando riesgos para los habitantes. Por esta razón, los residentes se ven obligados a llevar a cabo métodos improvisados para recolectar agua, utilizando sus conocimientos empíricos para dirigir, almacenar y aprovechar el recurso hídrico en sus hogares y para respaldar sus actividades socioeconómicas actuales.

Actualmente, según lo observado en la visita técnica, se pudo evidenciar que las familias de estudio presentan características convencionales en su sistema de recolección de agua. Para las familias Moreno y Buitrago, se observó que están rodeadas por una densa vegetación y cuentan con redes expuestas de transporte de agua expuestas, reservorios contaminados, y carecen de un sistema efectivo de recolección y tratamiento de agua para su suministro. Además, su ubicación es en una reserva forestal, sus actividades económicas generan un impacto negativo en su sistema, lo que aumenta el riesgo de que ocurra una interrupción en la distribución de agua.

Es por esto se pudo constatar que, pese a los numerosos intentos por obtener el recurso hídrico, los habitantes de la vereda Espigas no cuentan con la calidad apropiada ya que almacenan aguas de escorrentía donde se encuentra el ganado y se mezcla con el agua lluvia para posteriormente terminar contaminada en los reservorios, ni la cantidad adecuada para sustentarse en épocas de poca lluvia tanto para ellos como para sus animales de los cuales dependen como actividad

económica. Esta situación presenta un gran impacto en la calidad de vida de los habitantes de la vereda Espigas.

8.4 CAPITULO IV – Problemática evidenciada

En esta revisión, se darán a conocer las problemáticas que se han hecho evidentes en el proceso de recolección de aguas pluviales, desde la fase inicial de captura hasta su aplicación final que enfrentan los habitantes de la vereda Espigas en el municipio de Sesquilé, Cundinamarca. Teniendo en cuenta aspectos como la calidad del agua que se encuentra actualmente en los reservorios artesanales contruidos por los habitantes, la disponibilidad de recursos tanto para tiempos secos y los necesarios para establecer sistemas de recolección, los obstáculos logísticos en el transporte y recolección, y la importancia de contar con regulaciones apropiadas, todo esto con el fin de garantizar el recurso hídrico y la calidad de este.

Dentro de las visitas técnicas realizadas por los estudiantes de la universidad Militar Nueva Granada y los docentes de esta que apoyan el proyecto, se encontraron varios aspectos importantes.

Se llevó a cabo un proceso de investigación y búsqueda en las entidades reguladoras que supervisan y controlan esta región específica del departamento de Cundinamarca. Durante este proceso, se pudieron obtener datos que permiten conocer la situación particular de este sector. Resulta evidente que esta área se

encuentra ubicada dentro de un ecosistema vital y una reserva forestal de gran importancia ecológica estipulado en la corporación autónoma regional (CAR).

Los habitantes de la vereda Espigas actualmente cuentan con sistemas de recolección de aguas pluviales de manera artesanal. Por este motivo, se encontraron redes expuestas en las viviendas lo cual imposibilita la calidad en la conducción y la calidad del recurso hídrico puesto que las cabezas de ganado presentes en los lotes depositan sus excrementos; por otra parte, las cabezas de ganado provocan roturas y lesiones mecánicas sobre la red obstruyendo el flujo de agua, así como una gran desorganización de los reservorios 57isteles, la red general y la forma de recolección del agua pluvial. Así mismo se encontró que los habitantes aprovechan las aguas de escorrentía donde se presenta un gran peligro potencial ya que el agua pasa por los lotes donde se encuentran las cabezas de ganado y realiza un lavado que provoca que todas las heces y el agua terminen en los reservorios realizados en los lotes por las personas con el fin de obtener mayor cantidad de agua, pero sin tener en cuenta la calidad con la que consumen la misma.

Por otro lado, en zona se ha establecido una normativa y reglamentación estricta que prohíbe la ejecución de proyectos que puedan generar un impacto significativo en este ecosistema poco intervenido por el hombre. Esto implica que la realización de proyectos de carácter estructural destinados a cubrir la problemática que enfrenta esta zona no está permitida.

Esta restricción se da debido a que es una reserva forestal y es necesario salvaguardar la integridad de este entorno natural y su biodiversidad por lo que no es permitido desarrollar proyectos ya que podrían causar daños irreparables a la flora y fauna, así como alterar el ecosistema de esta reserva forestal. Es necesario buscar soluciones que no comprometan la integridad del ecosistema debido a que este caso de estudio se encuentra ubicado en una reserva forestal, mientras se trabaja en los tipos de soluciones para los problemas identificados. Esta situación destaca la necesidad de un enfoque equilibrado que combine la protección ambiental con la solución a la problemática que enfrentan los habitantes de la vereda Espigas del municipio de Sesquilé.

En resumen, la recolección de aguas pluviales sigue siendo una práctica amigable con el medio ambiente en la región, a pesar de la variabilidad temporal de su oferta. La calidad del agua, los obstáculos logísticos y regulaciones requieren soluciones cuidadosamente elaboradas. Esta práctica es valiosa para la gestión hídrica y la conservación del entorno, abordando la escasez de agua y promoviendo la sostenibilidad. Con educación, colaboración y un enfoque constante en la mejora, es posible superar los problemas y maximizar los beneficios locales y globales de la recolección de aguas pluviales.

8.5CAPITULO V – Soluciones

Dando continuidad con el objetivo de diseñar un sistema de recolección de agua lluvia no convencional, el cual permite a cada familia capturar, recolectar y almacenar agua lluvia para desarrollar sus actividades domésticas y agrícolas, se

presenta a continuación las siguientes soluciones ingenieriles individuales para cada familia, las cuales satisfacen las condiciones de diseño evidenciadas in situ y descritas en el presente proyecto.

8.5.1 Soluciones Familia Buitrago

A partir de la visita técnica realizada a la familia Buitrago se lograron identificar las dificultades que presenta la familia para captar, almacenar y distribuir el recurso hídrico en su predio, el cual se utiliza para fines domésticos y agrícolas es por esta y otras razones que se plantea la siguiente solución.

La comunidad de la vereda Espigas enfrenta desafíos al implementar sistemas de abastecimiento de agua convencionales, principalmente debido a su ubicación en una reserva forestal. Aunque su enfoque actual implica recolectar agua de lluvia, este método presenta deficiencias por la forma artesanal y empírica que fue construida y no es capaz de satisfacer la demanda de agua requerida por cada familia. Se ha observado que la familia Moreno, compuesta por 5 miembros, reside en dos viviendas en un solo terreno, mientras que la familia Buitrago, compuesta por 3 personas, ocupa dos viviendas en el mismo terreno.

Teniendo como punto de referencia el plano topográfico donde se identifican los nacimientos de agua que cuenta la familia Buitrago en su predio, se hace indispensable construir e implementar una estructura de protección contra la hojarasca para cada uno de los nacimientos de agua localizados, en las coordenadas planas cartesianas MAGNA Sirgas Colombia Bogotá con origen

central E 1.032.129,24 N 1.048.351,60 y E 1.032.193,52 N 1.048.368,94 la estructura a implementar se especifica en el anexo número cuatro control de hojarasca en reservorios, y se detalla en los anexos nueve diseño familia Buitrago y diez diseño familia Moreno respectivamente para cada nacimiento de agua.

Consecutivamente, se realizó el cálculo para identificar la demanda hídrica de la familia Buitrago como se indica en el anexo seis, optimizaciones de demanda de agua por cada familia, tomando como referencia, los valores de priorización de agua calculados para la vereda Las Espigas, manifestados en dicho anexo.

$$D_{hidrica} = \left(No \text{ habitantes} * 50 \frac{L}{hab * dia} \right) + \left(No \text{ vacas} * 40 \frac{L}{vac * dia} \right) + \left(No \text{ perro} * 0.5 \frac{L}{perro * dia} \right)$$

Ecuación 1. Demanda Hídrica

Por lo anterior aplicando la ecuación demanda hídrica se obtuvo el siguiente resultado:

$$D_{hidrica} = \left(2 \text{ hab} * 50 \frac{L}{hab * dia} \right) + \left(6 \text{ vacas} * 40 \frac{L}{vac * dia} \right) + \left(0 \text{ perro} * 0.5 \frac{L}{perro * dia} \right)$$

$$D_{hidrica} = 240 \frac{L}{dia}$$

Por otro lado, debido a que la familia Buitrago cuenta con dos viviendas en su predio, se desglosa la demanda hídrica de la siguiente manera para cada vivienda.

CÁLCULO DE DEMANDA DOMESTICA		
Número de Personas	1	
Consumo	50	L/Hab/día
Demanda	50	L/Hab/día
CÁLCULO DE DEMANDA AGRÍCOLA (VACAS)		
Número De Vacas	3	
Consumo	40	L/Vac/día
Demanda	120	L/Vac/día
Demanda Total	170	L/día

Tabla 7. Cálculo de Demanda Hídrica por Vivienda Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)

Consecuentemente, a partir de la estructura utilizada para proteger los nacimientos contra la hojarasca, se propone una casa aguatera como se especifica en el anexo número dos casa aguatera para uso de recurso hídrico, en las coordenadas E 1.032.164 N 1.048.474 con un área de captación de agua lluvia 17.4 m² esta estructura tendrá un techo en teja plástica, con el propósito de garantizar la vida útil del sistema de abastecimiento; De igual forma, esta estructura y sus componentes se detallarán en el plano denominado diseño familia Buitrago anexo nueve.

Cabe aclarar que la casa aguatera a implementar, se realizó con el propósito de recolectar agua lluvia para el ganado de las dos viviendas, por lo que el agua captada por las tres casas se proyecta a que trabajase en un sistema en conjunto para cumplir la demanda de la familia Buitrago con se evidencia el plano denominado diseño familia Buitrago anexo nueve.

Consecuentemente, se pretende identificar la relación oferta – demanda para garantizar la disponibilidad de agua en la época seca como se especifica en el anexo número uno, por ende, es necesario conocer datos de precipitación de las estaciones meteorológicas de la Corporación Autónoma Regional (CAR) Estación Bombas Sesquilé como se especifica en el anexo número uno. Posterior a ello se realiza el cálculo para identificar área disponible del techo para la recolección de agua lluvia, cabe resaltar que este cálculo se va implementar en las dos viviendas que se encuentran en el predio y posterior a ello en la casa aguatera a implementar.

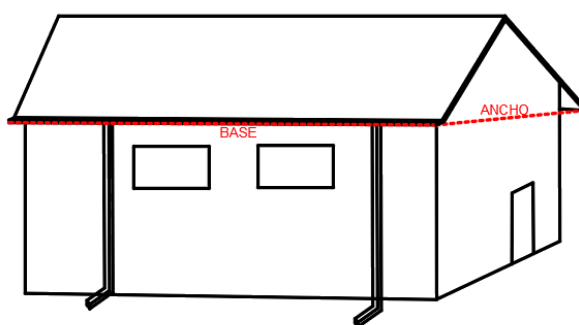


Ilustración 14. Área Horizontal; Fuente (Andrea Barragan, 2023)

$$A_{techo} = L * B$$

Ecuación 2. Área del Techo

L = Largo en metros

B = Ancho en metros

Por lo anterior aplicando la ecuación área del techo se obtuvo el siguiente resultado.

$$A_{techo Casa 1} = 35,85m * 35,85m = 71,70m^2$$

$$A_{techo Casa 2} = 9,59m * 7,67m = 73,56m^2$$

$$A_{techo Casa Aguatera} = 5.80m * 3,00m = 17,40m^2$$

Seguidamente se desarrolló el numeral cuatro, aplicabilidad y formulas del anexo número uno donde se obtuvieron los siguientes resultados para cada casa del predio de la familia Buitrago.

	CASA-2	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
	Promedios mensuales de los últimos doce meses del año (m/mes)	0,0406	0,0335	0,0594	0,0663	0,0667	0,0548	0,0625	0,0489	0,0425	0,0738	0,0731	0,0286	0,0406	0,0335	0,0594
Agua lluvia captada por la casa 2	Área (m²)	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56	73,56
	m³ por mes	2,98	2,47	4,37	4,88	4,91	4,03	4,60	3,59	3,12	5,43	5,38	2,10	2,98	2,47	4,37
Agua captada por el nacimiento	m³ por mes	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aporte de recolección agua lluvia por la casa aguatera	Área (m²)	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	m³ por mes	0,35	0,29	0,52	0,58	0,58	0,48	0,54	0,43	0,37	0,64	0,64	0,25	0,35	0,29	0,52
	Demanda L/día	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
	Demanda m³/mes	5,27	4,76	5,27	5,1	5,27	5,1	5,27	5,27	5,1	5,27	5,1	5,27	5,27	4,76	5,27
	Volumen por almacenar m³	-0,93	-1,93	-1,32	0,04	1,26	1,66	2,54	2,28	1,68	3,48	5,09	3,48	2,54	1,54	2,15

Tabla 8. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Buitrago;
Fuente (😊Elaboración Propia)

	CASA-1	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
	Promedios mensuales de los últimos doce meses del año (m/mes)	0,0406	0,0335	0,0594	0,0663	0,0667	0,0548	0,0625	0,0489	0,0425	0,0738	0,0731	0,0286	0,0406	0,0335	0,0594
Agua lluvia captada por la casa 1	Área (m²)	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70	71,70
	m³ por mes	2,91	2,40	4,26	4,76	4,78	3,93	4,48	3,50	3,05	5,29	5,24	2,05	2,91	2,40	4,26
Agua captada por el nacimiento	m³ por mes	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Aporte de recolección agua lluvia por la casa aguatera	Área (m²)	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70
	m³ por mes	0,35	0,29	0,52	0,58	0,58	0,48	0,54	0,43	0,37	0,64	0,64	0,25	0,35	0,29	0,52
	Demanda L/día	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170
	Demanda m³/mes	5,27	4,76	5,27	5,1	5,27	5,1	5,27	5,27	5,1	5,27	5,1	5,27	5,27	4,76	5,27
	Volumen por almacenar m³	-1,01	-2,07	-1,57	-0,33	0,76	1,06	1,82	1,48	0,80	2,46	4,24	2,27	1,26	0,20	0,70

Tabla 9. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Buitrago; Fuente: (Elaboración Propia)

Como se puede evidenciar la familia Buitrago requiere almacenar un volumen de agua de alrededor de nueve metros cúbicos (9 m^3) donde se distribuirán en diferentes ubicaciones del predio, por tanto, se propone implementar un tanque de almacenamiento de dos metros cúbicos (2 m^3) para cada casa y, posteriormente, instalar una casa aguatera con capacidad de almacenamiento de cinco metros cúbicos (5 m^3) como se puede evidenciar en los planos topográficos.

Para dar solución a la interrupción de la conducción se debe seguir las recomendaciones e instrucciones establecidas en el anexo siete sistemas de cubrimiento de redes de abastecimiento, el cual establece el diámetro de tubería a instalar y su proceso de instalación. Sin embargo, en el plano denominado diseño familia Buitrago se discriminan las longitudes de tubería a utilizar y el material correspondiente, por otra parte, se evidencia a detalle la ubicación y el recorrido de la red para esta familia.

No obstante, se requiere utilizar una bomba hidráulica como se especifica en el anexo número ocho optimizaciones a la conducción sistema de conducción de cubrimiento de redes de abastecimiento, para garantizar que se cumpla como mínimo una presión de 5 m.c.a en la vivienda, la ubicación y la instalación se detalla en el plano diseño familia Buitrago en el anexo número nueve.

Para finalizar, se propone implementar un sistema de filtración vertical con el propósito de realizar un pretratamiento al agua como se especifica en el anexo número cinco, este sistema se instalará en las bajantes de las casas ya existentes;

su instalación y fabricación se detallan en el anexo número cinco filtración vertical y, posteriormente, se indica en el plano diseño familia Buitrago.

8.5.2 Soluciones Familia Moreno

A partir de la visita técnica realizada a la familia Moreno se lograron identificar las dificultades que presenta la familia para captar, almacenar y distribuir el recurso hídrico en su predio, el cual se utiliza para fines domésticos y agrícolas es por esta y otras razones que se plantea la siguiente solución.

Teniendo como punto de referencia el plano topográfico donde se identifica el nacimiento de agua que cuenta la familia Buitrago en su predio, en las coordenadas planas cartesianas MAGNA Sirgas Colombia Bogotá con origen central E 1.032.129 N 1.048.351 se deberá implementar una zanja de infiltración en la coordenada central E 1.032.108 N 1.048.348 como se indica en el anexo número tres zanja de infiltración, por lo cual se hace indispensable aplicar en método Soil Conservation Service (SCS).

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Ecuación 1. Método (SCS)

Donde:

Q = Caudal

P = precipitación total

CN = Número de curva

Para dar solución, es necesario calcular el área de la cuenca. Este cálculo se realizó en la herramienta computacional QGIS y el resultado fue de 16859.952 m²

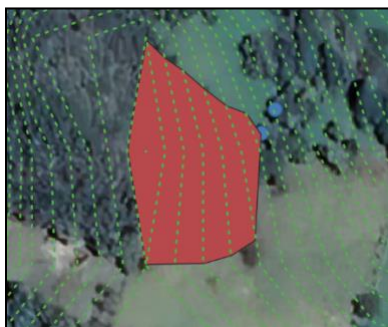
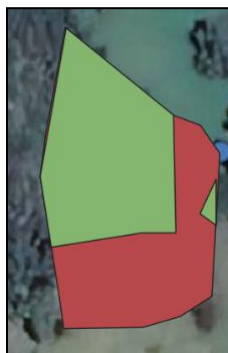


Ilustración 15. Área de la Cuenca; Fuente (Elaboración Propia)

Aplicando los conceptos especificados, mencionados y detallados en el anexo tres se obtuvo que el área de pastizales es de 16010,877 m² y de bosque de 849,075 m².



Bosque	
Pastizal	

Ilustración 16. Área Superficies Presentes en la Cuenca; Fuente (Elaboración Propia)
Donde:

Área de la cuenca 0,0169 km²

Altura máxima 2937 m

Altura mínima 2929 m

Longitud del cauce principal 153 m

Coberturas vegetales	CN	Área, km ²	Tipo cobertura
	73	(0,05*0,0169) =0,00084	Bosque
	74	(0,95*0,0169) =0,016	Pasto

Posteriormente se desarrollarán las demás variables para calcular el caudal de entrada de la zanja de infiltración como se indica en el anexo tres.

$$CN \text{ ponderado} = \frac{(CN_1 * \text{Área km}^2 + CN_2 * \text{Área km}^2)}{\text{Área de la cuenca km}^2}$$

Ecuación 2. CN Ponderado

$$CN \text{ ponderado} = \frac{(73 * 0,00084 \text{ km}^2 + 74 * 0,016 \text{ km}^2)}{0,0169 \text{ km}^2} = 74$$

$$s = \frac{(h_1 - h_2)}{L} * 100$$

Ecuación 3. Pendiente de la cuenca.

$$s = \frac{(2937\text{m} - 2929\text{m})}{153\text{m}} * 100$$

$$s = 5,23\%$$

Donde:

h1 = Punto de inicio de la cuenca (m)

h2 = Punto final de la cuenca (m)

L = Longitud total del cauce (m)

$$T = 0,02L^{0,77}S^{-0,385}$$

Ecuación 4. Tiempo de Concentración

$$T = 0,02 * 153^{0,77} 0,0523^{-0,385}$$

$$T = 3 \text{ minutos} = 0,05 \text{ horas}$$

Donde:

T = Tiempo de concentración minutos

L = Longitud total del cauce (m)

s = pendiente media del lecho (m/m)

$$Desnivel = (h_1 - h_2)$$

Ecuación 5. Desnivel

$$Desnivel = 2937 - 2929 = 8 \text{ m}$$

Datos:

h1 = Punto de inicio de la cuenca (m)

h2 = Punto final de la cuenca (m)

El siguiente paso fue hallar la intensidad, para esto se buscó una estación hidrológica del IDEAM que midiera precipitaciones, que estuviera lo más cerca posible a la zona en estudio y que tuviera datos actuales, la

estación que cumplió con los criterios anteriores fue la estación de Simijaca con código 2401015.

Teniendo el periodo de retorno de 25 años y el tiempo de concentración de la tormenta, se obtuvieron los siguientes parámetros:

$$C_1 = 2759,572 \quad X_0 = 16,401 \quad C_2 = 0,982 \quad D = 3 \text{ minutos}$$

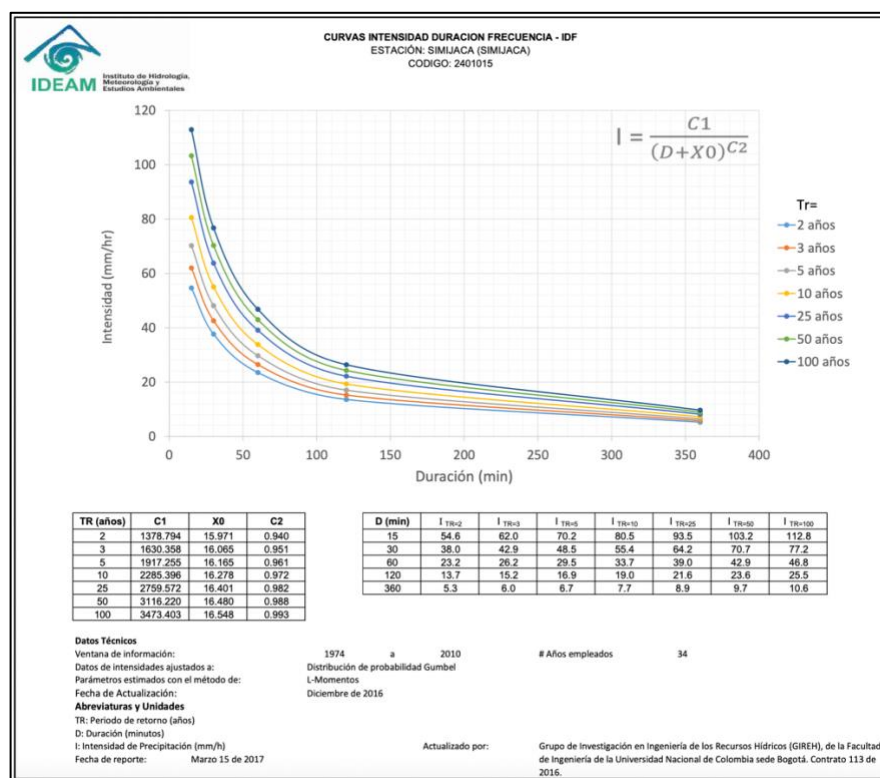


Ilustración 17 Curvas IDF estación Simijaca. Fuente. IDEAM, 2023

$$i = \frac{C_1}{(D + X_0)^{C_2}}$$

Ecuación 6. Intensidad mm/h

$$i = \frac{2759,572}{(3 + 16,401)^{0,982}}$$

$$i = 150,03 \text{ mm/h}$$

Se calcula la precipitación total

$$P = i * T$$

Ecuación 7. Precipitación mm

$$P = 150,03 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 0,05 \text{ h}$$

$$P = 7,49 \text{ mm}$$

Donde:

T = tiempo de concentración en horas

i = intensidad (mm/hora)

Se calcula S retención potencial máxima

$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

Ecuación 8. Retención potencial máxima mm

$$S = 89,5 \text{ mm}$$

Donde:

CN = Número de curva

Se calcula L_a abstracción inicial

$$L_a = 0,2 * S$$

Ecuación 9. Abstracción inicial mm

$$L_a = 0,2 * 89,5 \text{ mm}$$

$$L_a = 17,9 \text{ mm}$$

Donde:

S retención potencial máxima (mm)

Se calcula P_e precipitación efectiva

$$P_e = \frac{(P - L_a)^2}{(P - L_a + S)}$$

Ecuación 10. Precipitación efectiva mm

$$P_e = \frac{(7,49 \text{ mm} - 17,9 \text{ mm})^2}{(7,49 \text{ mm} - 17,9 \text{ mm} + 89,5 \text{ mm})}$$

$$P_e = 1,37 \text{ mm}$$

Donde:

P = precipitación total (mm)

L_a = abstracción inicial (mm)

S retención potencial máxima (mm)

Se calcula t_r tiempo de retraso

$$t_r = 0,005 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,64}$$

Ecuación 11. tiempo de retraso horas

$$t_r = 0,005 \left(\frac{153}{\sqrt{5,23}} \right)^{0,64}$$

$$t_r = 0,1 \text{ horas}$$

Donde:

d_e = duración de exceso con la que se presenta el mayor gasto pico

L = Longitud total del cauce (m)

s = pendiente media del lecho (%)

Se calcula d_e duración de exceso con la que se presenta el mayor gasto pico en horas

$$d_e = 2t_c^{0,5}$$

Ecuación 12. duración de exceso con la que se presenta el mayor gasto pico

$$d_e = 2 * 0,05^{0,5}$$

$$d_e = 0,4 \text{ horas}$$

Donde:

T_c = tiempo de concentración en horas

Se calcula t_p tiempo pico en horas

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Ecuación 13. tiempo pico en horas

$$t_p = \frac{0,4 \text{ h}}{2} + 0,1 \text{ h}$$

$$t_p = 0,3 \text{ horas}$$

Donde:

d_e = duración de exceso con la que se presenta el mayor gasto pico

t_r = tiempo de retraso

Se calcula T_b Tiempo base en horas

$$t_b = \frac{8}{3} * t_p$$

Ecuación 14. Tiempo base en horas

$$t_b = \frac{8}{3} * 0,3 \text{ h}$$

$$t_b = 0,8 \text{ horas}$$

Donde:

t_p = tiempo de concentración en horas

Se calcula q_b Caudal unitario de la cuenca

$$q_b = \frac{0.208A}{t_p}$$

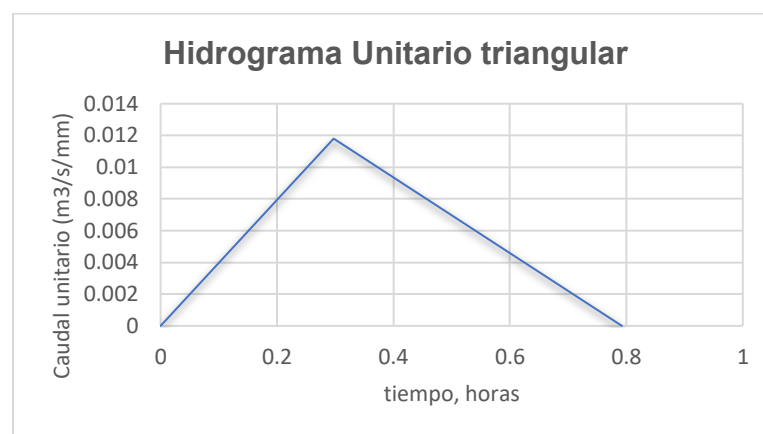
Ecuación 15. Caudal unitario de la cuenca

$$q_b = \frac{0.208 * 0,0169 \text{ km}^2}{0,3 \text{ horas}}$$

$$q_b = 0,01 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} / \text{mm}$$

t (horas)	Qp (m ³ /s/mm)
0	0
0,3	0,01
0,8	0

t (horas)	Q pico, m ³ /s
0	0
0,3	0,02
0,8	0



Basándonos en el caudal calculado, se procede llevar a cabo el diseño y dimensionamiento de la zanja de infiltración mencionada en el anexo tres, ya que se encuentra dentro de los caudales permitidos para este tipo de diseño. Posteriormente, se efectuó el cálculo para determinar la demanda de agua de la familia Moreno, siguiendo las indicaciones detalladas en el anexo cuatro. Esto incluye la optimización de la demanda de agua por cada familia, considerando los valores de priorización de agua calculados para la vereda Las Espigas, tal como se describe en el mencionado anexo.

$$D_{hidrica} = \left(No \text{ habitantes} * 50 \frac{L}{hab * dia} \right) + \left(No \text{ vacas} * 40 \frac{L}{vac * dia} \right) + \left(No \text{ perro} * 0.5 \frac{L}{perro * dia} \right)$$

Ecuación 2. Demanda Hídrica

Por lo anterior aplicando la ecuación demanda hídrica se obtuvo el siguiente resultado

$$D_{hidrica} = \left(5 \text{ hab} * 50 \frac{L}{hab * dia} \right) + \left(3 \text{ vacas} * 40 \frac{L}{vac * dia} \right) + \left(0 \text{ perro} * 0.5 \frac{L}{perro * dia} \right)$$

$$D_{hidrica} = 370 \frac{L}{dia}$$

Ecuación 3. Demanda hídrica

Por otro lado, debido a que la familia Moreno cuenta con dos viviendas en su predio, se desglosa la demanda hídrica de la siguiente manera para cada vivienda.

CÁLCULO DE DEMANDA DOMESTICA (Vivienda 1)		
Número de Personas	2	
Consumo	50	L/Hab/día
Demanda	100	L/Hab/día
CÁLCULO DE DEMANDA AGRÍCOLA (VACAS)		
Número de Vacas	3	
Consumo	40	L/V/día
Demanda	120	L/V/día
DEMANDA TOTAL	220	L/día

Tabla 10. Cálculo de Demanda Hídrica por Vivienda uno Moreno; Fuente (Elaboración Propia)

CÁLCULO DE DEMANDA DOMÉSTICA CASA (Vivienda 2)
--

Número de Personas	3	
Consumo	50	L/Hab/día
Demanda	150	L/Hab/día
CÁLCULO DE DEMANDA AGRÍCOLA (VACAS)		
Número de Vacas	0	
Consumo	40	L/V/día
Demanda	0	L/V/día
DEMANDA TOTAL	150	L/día

Tabla 11. Cálculo de Demanda Hídrica Vivienda dos Familia Moreno; Fuente (Elaboración propia)

Consecuentemente, a partir de la estructura utilizada para proteger los nacimientos contra la hojarasca, se implementarán dos casas aguateras como se especifica en el anexo número dos denominado casa aguatera , en las coordenadas E 1.032.304 N 1.048.292 con un área de captación de agua lluvia 70 m² esta estructura tendrá un techo en teja plástica, con el propósito de garantizar la vida útil del sistema de abastecimiento, de igual forma esta estructura y sus componentes se detallarán en el plano denominado diseño familia Moreno anexo nueve.

Cabe aclarar que las casas aguateras a implementar, se realizaron con el propósito de recolectar agua lluvia para el ganado de las dos viviendas y funciona como estructuras independientes.

Consecuentemente, se pretende identificar la relación oferta – demanda para garantizar la disponibilidad de agua en la época seca como se especifica en el anexo número siete, por ende, es necesario conocer datos de precipitación de las estaciones Meteorológicas de la Corporación Autónoma Regional (CAR) Estación

Bombas Sesquilé como se especifica en el anexo número siete, posterior a ello se realiza el cálculo para identificar área disponible del techo para la recolección de agua lluvia cabe resaltar que este cálculo se va implementar en la vivienda número uno que se encuentran en el predio, por otra lado el cálculo no se aplica a la vivienda numero dos ya que no cuenta con las condiciones ideales para captar agua lluvia.

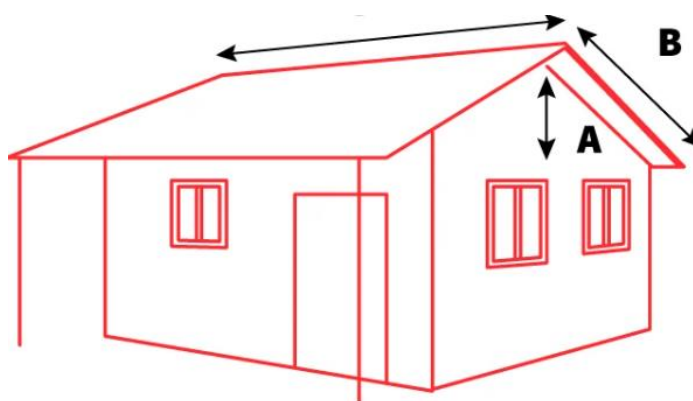


Ilustración 18. Área Horizontal; Fuente (Andrea Barragan, 2023)

$$A_{techo} = L * B$$

Ecuación 7. Área del Techo

L = Largo en metros

B = Ancho en metros

Por lo anterior, aplicando la ecuación área del techo se obtuvo el siguiente resultado.

$$A_{techo Casa 1} = 63,1m * 63,2m = 126.40m^2$$

$$A_{techo Casa Aguatera} = (5.80m * 6,04m) * 2 = 70 m^2$$

Seguidamente, se desarrolló el numeral cuatro, aplicabilidad y formulas del anexo número siete donde se obtuvieron los siguientes resultados para cada casa del predio de la familia Moreno.

	CASA-1	ENERO	FEBRE RO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST O	SEPTIE MBRE	OCTUB RE	NOVIEMB RE	DICIEM BRE	ENERO	FEBRE RO	MARZO
	Promedios mensuales de los últimos doce meses del año (m/mes)	0,04	0,03	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,04	0,07	0,07	0,03	0,04	0,03	0,06
Agua lluvia captada por la casa 2	Área (m²)	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4	126,4
	m³ por mes	5,13	4,24	7,50	8,39	8,44	6,92	7,91	6,18	5,37	9,33	9,24	3,62	5,13	4,24	7,50
Agua captada por el nacimiento	m³ por mes	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
	Demanda L/día	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
	Demanda m³/mes	7,75	7	7,75	7,5	7,75	7,5	7,75	7,75	7,5	7,75	7,5	7,75	7,75	7	7,75
	Volumen por almacenar m³	-1,12	-2,88	-2,13	-0,24	1,44	1,87	3,02	2,45	1,32	3,90	6,64	3,50	1,88	0,12	0,87

Tabla 12. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Moreno; Fuente: (Elaboración Propia)

	CASA-Aguatera	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO
	Promedios mensuales de los últimos doce meses del año (m/mes)	0,04	0,03	0,06	0,07	0,07	0,05	0,06	0,05	0,04	0,07	0,07	0,03	0,04	0,03	0,06
Aporte de recolección agua lluvia por la casa aguatera	Área (m²)	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00	70,00
	m³ por mes	2,84	2,35	4,16	4,64	4,67	3,83	4,38	3,42	2,97	5,17	5,12	2,00	2,84	2,35	4,16
	Demanda L/día	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
	Demanda m³/mes	3,72	3,36	3,72	3,6	3,72	3,6	3,72	3,72	3,6	3,72	3,6	3,72	3,72	3,36	3,72
	Volumen por almacenar m³	-0,88	-1,89	-1,46	-0,41	0,54	0,77	1,43	1,13	0,50	1,95	3,47	1,75	1,87	0,86	1,29

Tabla 13. Cálculo Relación Oferta – Demanda para Garantizar la Disponibilidad de Agua en la Época Seca Familia Moreno; Fuente (Elaboración Propia)

Como se puede evidenciar la familia Moreno requiere almacenar un volumen de agua de alrededor de nueve metros cúbicos (9m^3) donde se distribuirán en diferentes ubicaciones del predio, por tanto, se implementará un tanque de almacenamiento de dos metros cúbicos (5 m^3) en la casa uno y posteriormente se instalará una casa aguatera con capacidad de almacenamiento de cinco metros cúbicos (4 m^3).

Para dar solución a la interrupción de la conducción se debe seguir las recomendaciones e instrucciones establecidas en el anexo seis sistemas de cubrimiento de redes de abastecimiento, el cual establece el diámetro de tubería a instalar y su proceso de instalación. Sin embargo, en el plano denominado diseño familia Moreno se discrimina las longitudes de tubería a utilizar y el material correspondiente, por otra parte, se evidencia a detalle la ubicación y el recorrido de la red para esta familia.

No obstante, se requiere utilizar una bomba hidráulica como se especifica en el anexo número cinco optimizaciones a la conducción sistema de conducción de cubrimiento de redes de abastecimiento, para garantizar que se cumpla como mínimo una presión de 5 m.c.a en la vivienda, la ubicación y la instalación se detalla en el plano diseño familia Moreno en el anexo número nueve.

Para finalizar se implementa un sistema de filtración vertical con el propósito de realizar un pretratamiento al agua como se especifica en el anexo número tres, este

sistema se instalará en las bajantes de las casas ya existentes; su instalación y fabricación se detallan en el anexo número tres, filtración vertical y posteriormente se indica en el plano diseño familia Moreno.

8.6 CAPITULO VI – Diseño del Proyecto

Teniendo como resultado las soluciones individuales planteadas para cada familia se presentan los diseños definitivos del proyecto en los cuales se detalla claramente la ubicación, instalación y respectivas dimensiones de los diferentes diseños propuestos para realizar la construcción, implementación y puesta en funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua no convencional para las dos familias de la vereda Las Espigas del municipio de Sesquilé Cundinamarca.

8.7.2. Diseño del Proyecto Familia Buitrago

Se ha elaborado el plano titulado “Diseño para la Familia Buitrago”, como se describe en el anexo nueve, el cual incluye propuestas detalladas para un sistema no convencional de suministro de agua destinado a la familia Buitrago. Este diseño busca abordar las dificultades específicas que enfrenta esta familia.

El plano del sistema de abastecimiento de agua no convencional para la familia Buitrago presenta las curvas de nivel con una separación de un metro, utiliza un sistema de coordenadas en coordenadas planas cartesianas MAGNA Sirgas

Colombia Bogotá con origen central, y las unidades de medida se expresan en metros (m), centímetros (cm) y milímetros (mm) según corresponda a los detalles de construcción.

8.7.3. Diseño del proyecto Familia Moreno

Se ha elaborado el plano denominado “Diseño para la Familia Moreno,” tal como se detalla en el anexo diez. Este plano incluye propuestas detalladas para la implementación de un sistema de suministro de agua no convencional destinado a la familia Moreno.

El plano del diseño del sistema de abastecimiento de agua no convencional para la familia Moreno presenta las curvas de nivel con una separación de un metro. Utiliza un sistema de coordenadas en coordenadas planas cartesianas MAGNA Sirgas Colombia Bogotá con origen central, y las unidades de medida se expresan en metros (m), centímetros (cm) y milímetros (mm) según los requisitos específicos de la construcción detallada.

8.7 CAPITULO VII – Análisis de Costos

El proceso de desarrollo de este proyecto se lleva a cabo utilizando como punto de partida las soluciones encontradas para cada familia, las especificaciones técnicas del proyecto y otros factores relacionados con la ejecución. Se procede a realizar un análisis detallado de los precios de los diferentes componentes, desglosando los ítems en capítulos para obtener

valores parciales. Finalmente, la suma de estos valores parciales determina el costo global del proyecto de construcción. Estos valores fueron tomados de diferentes fuentes de información virtuales mayoristas con el fin de generar una mayor viabilidad del proyecto. A continuación, se presenta los costos requeridos para el desarrollo de la solución de cada familia:

○ **Familia Moreno:**

Presupuesto y cantidades de obra					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1 Recoleccion y conduccion					
1,1	Canal aguas lluvias	ml	18	\$ 19.800,00	\$ 356.400,00
1,2	Union bajante	Un	4	\$ 24.900,00	\$ 99.600,00
1,3	Bajante aguas Lluvias	Un	2	\$ 60.300,00	\$ 120.600,00
2 Casa aguatera					
2,1	Tuberia 1/2	Un	2	\$ 10.300,00	\$ 20.600,00
2,2	Tanque 2000 m3	Un	5	\$ 949.000,00	\$ 4.745.000,00
2,3	Canaleta pluvial	Un	26	\$ 89.900,00	\$ 2.337.400,00
2,4	Bebedero animales	Un	1	\$ 146.000,00	\$ 146.000,00
2,5	Valvula	Un	1	\$ 27.900,00	\$ 27.900,00
3 Tratamiento					
Carbon activado					
3,1	Botellon 20 L	Un	1	\$ 14.000,00	\$ 14.000,00
3,2	Algodón	KG	1	\$ 19.000,00	\$ 19.000,00
3,3	Carbon activado	KG	4	\$ 35.800,00	\$ 143.200,00
3,4	Soportes de anclajes	Un	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
Control de hojarazca techo					
3,4	Filtro de malla	Un	1	\$ 69.900,00	\$ 69.900,00
4 Almacenamiento					
4,1	Tanque de 2000 L	Un	0		\$ -
4,2	Tuberia	ML	15	\$ 1.570,00	\$ 23.550,00
4,3	Uniones	Un	3	\$ 300,00	\$ 900,00
4,4	Te	Un	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
5 Control de hojarazca					
5,1	Polisombra al 80 %	m	6	\$ 10.990,00	\$ 65.940,00
5,2	Angulo de refuerzo galvanizado	un	12	\$ 24.900,00	\$ 298.800,00
5,3	Madera Aserrada	un	21	\$ 39.900,00	\$ 837.900,00
5,4	Platina ensamble	un	8	\$ 29.900,00	\$ 239.200,00
6 Cubrimiento de redes expuestas					
6,1	Excavación en tierra seca	m2	50	\$ 24.022,00	\$ 1.201.100,00
6,2	Tuberia 1/2	ml	30	\$ 18.930,00	\$ 567.900,00
7 Conduccion o distribucion					
7,1	Bomba hidraulica electrica	Un	1	\$ 110.000,00	\$ 110.000,00
7,2	Registro	Un	4	\$ 18.900,00	\$ 75.600,00
Costo de obra antes de A.I.U.					\$ 11.551.490,00
Administracion				5%	\$ 577.574,50
Imprevistos				5%	\$ 577.574,50
Transporte				10%	\$ 1.155.149,00
Utilidad				0%	\$ -
Iva sobre utilidad				19%	\$ -
Total					\$ 13.861.788,00

Tabla 14. Costos Realización de Proyecto familia Moreno; Fuente (Elaboración propia)

Es importante mencionar que los valores de transporte están sujetos a cambio debido a las condiciones fluctuantes de los valores de combustibles, entre otros.

○ **Familia Buitrago:**

Presupuesto y cantidades de obra					
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1 Recoleccion y conduccion					
1,1	Canal aguas lluvias	ml	18	\$ 19.800,00	\$ 356.400,00
1,2	Union bajante	Un	4	\$ 24.900,00	\$ 99.600,00
1,3	Bajante aguas Lluvias	Un	2	\$ 60.300,00	\$ 120.600,00
2 Casa aguatera					
2,1	Tuberia 1/2	Un	2	\$ -	\$ -
2,2	Tanque 2000 m3	Un	5	\$ -	\$ -
2,3	Canaleta pluvial	Un	26	\$ -	\$ -
2,4	Bebedero animales	Un	1	\$ -	\$ -
2,5	Valvula	Un	1	\$ -	\$ -
3 Tratamiento					
Carbon activado					
3,1	Botellon 20 L	Un	1	\$ 14.000,00	\$ 14.000,00
3,2	Algodón	KG	1	\$ 19.000,00	\$ 19.000,00
3,3	Carbon activado	KG	4	\$ 35.800,00	\$ 143.200,00
3,4	Soportes de anclajes	Un	1	\$ 30.000,00	\$ 30.000,00
Control de hojarazca techo					
3,4	Filtro de malla	Un	1	\$ 69.900,00	\$ 69.900,00
4 Almacenamiento					
4,1	Tanque de 2000 L	Un	0	\$ -	\$ -
4,2	Tuberia	MI	15	\$ 1.570,00	\$ 23.550,00
4,3	Uniones	Un	3	\$ 300,00	\$ 900,00
4,4	Te	Un	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
5 Control de hojarazca					
5,1	Polisombra al 80 %	m	6	\$ 10.990,00	\$ 65.940,00
5,2	Angulo de refuerzo galvanizado	un	12	\$ 24.900,00	\$ 298.800,00
5,3	Madera Aserrada	un	21	\$ 39.900,00	\$ 837.900,00
5,4	Platina ensamble	un	8	\$ 29.900,00	\$ 239.200,00
6 Cubrimiento de redes expuestas					
6,1	Excavación en tierra seca	m2	50	\$ 24.022,00	\$ 1.201.100,00
6,2	Tuberia 1/2	ml	30	\$ 18.930,00	\$ 567.900,00
7 Conduccion o distribucion					
7,1	Bomba hidraulica electrica	Un	1	\$ 110.000,00	\$ 110.000,00
7,2	Registro	Un	4	\$ 18.900,00	\$ 75.600,00
8 Zanja de infiltracion					
8,1	Excavación manual (4 m x 0,8 m x 0,6 m)	m3	3	\$ 43.200,00	\$ 129.600,00
8,2	Excavación manual (3 m x 0.11 m x 0,6 m) x 2	m3	3	\$ 12.000,00	\$ 36.000,00
8,3	Grava entre 19 y 38 mm	m3	1	\$ 15.000,00	\$ 15.000,00
8,4	Capa Geotextil (4 m x 0,8 m)	m2	6	\$ 25.000,00	\$ 150.000,00
8,5	Tubo PVC 4"(4m)	m	2	\$ 65.300,00	\$ 130.600,00
8,6	Tubo PVC 2"(3m)	m	2	\$ 22.500,00	\$ 45.000,00
8,7	Cañuelas x 2	un	2	\$ 22.000,00	\$ 44.000,00
8,8	Concreto 28 Mpa x 30 kg	kg	1	\$ 52.000,00	\$ 52.000,00
8,9	Malla electrosoldada 6mm (0,6 x 1,0) x 4	m2	6	\$ 47.000,00	\$ 282.000,00
Costo de obra antes de A.L.U					\$ 5.158.790,00
Administracion				5%	\$ 257.939,50
Imprevistos				5%	\$ 257.939,50
Transporte				10%	\$ 515.879,00
Utilidad				0%	\$ -
Iva sobre utilidad				19%	\$ -
Total					\$ 6.190.548,00

Tabla 15. Costos Realización de Proyecto Familia Buitrago; Fuente (Elaboración Propia)

Para esta familia es importante recalcar que su principal problemática es la desorganización de su sistema de abastecimiento, es por esto y por lo que solo se presentan 2 personas viviendo actualmente en estas viviendas no se hace necesario hacer uso de casas aguateras para la recolección del agua para posterior uso de su ganado.

9. CONCLUSIONES

1. Considerando las circunstancias prevalecientes en el área de investigación y basándonos en los datos proporcionados por la estación hidrometeorológica de la CAR, se llega a la conclusión de que la construcción de este proyecto se lleve a cabo preferiblemente durante periodos de baja intensidad de lluvias. Este enfoque se adopta con el propósito de asegurar una ejecución eficiente del proyecto, optimizar la utilización del recurso hídrico y garantizar una implementación exitosa en su totalidad. Realizar la construcción en los meses de enero, febrero, septiembre y diciembre ya que son los meses donde se presenta menor pluviosidad y esto contribuirá a minimizar posibles complicaciones y maximizará el aprovechamiento del recurso hídrico, lo que es crucial para el éxito general del proyecto.
2. Tras llevar a cabo un exhaustivo proceso de investigación, se puede llegar a la conclusión de que las soluciones más eficaces no siempre requieren de una complejidad y un presupuesto elevado y además de esto pueden llegar a ser estas soluciones amigables con el medio ambiente debido a que se encuentra el caso de estudio en una reserva forestal. En el contexto

analizado, se ha demostrado que es factible abordar diversas problemáticas de la comunidad de manera sencilla, económica y adaptada a las condiciones del entorno en pro de buscar soluciones basadas en la naturaleza. Este enfoque demuestra que, en muchas ocasiones, la simplicidad y la adecuación al entorno pueden ser la clave para encontrar soluciones efectivas y accesibles para las comunidades.

3. La implementación de soluciones personalizadas para cada una de las familias involucradas en este proyecto ha culminado en la creación de una cartilla informativa. Esta cartilla documenta las condiciones y desafíos que podrían manifestarse en una amplia gama de comunidades. Como resultado, esta guía tiene el potencial de convertirse en un recurso valioso y versátil para abordar situaciones similares en diversos entornos.
4. En consecuencia, esta cartilla puede facilitar el desarrollo de proyectos de suministro de agua sostenibles y respetuosos con el medio ambiente. Ofrece una base sólida para garantizar el funcionamiento óptimo de los sistemas de abastecimiento, al considerar factores específicos de cada comunidad y aplicar soluciones adaptadas a sus necesidades. Esta iniciativa no solo beneficia a las familias involucradas en este proyecto, sino que también puede servir como un modelo de referencia para futuros esfuerzos en la mejora de sistemas de agua en otras comunidades.

10.RECOMENDACIONES

La gestión sostenible de los recursos hídricos es un tema de creciente importancia en nuestro mundo que se encuentra en constante cambio. En este contexto, la recolección de aguas pluviales se ha convertido en una práctica cada vez más relevante y necesaria. Las aguas lluvias, un recurso natural abundante y gratuito, pueden aprovecharse de manera eficiente para una amplia gama de aplicaciones, desde el riego de jardines hasta el abastecimiento de agua potable en comunidades con acceso limitado.

Es por esto por lo que es pertinente hacer recomendaciones para llevar a cabo un mejor uso y aprovechamiento de esta práctica, una de las primeras visiones a futuro que se plantean consiste en establecer un comité del agua dentro de una estructura administrativa de gran importancia al reconocimiento en la comunidad local.

Conforme a esto se recomienda a su vez buscar el apoyo de entidades gubernamentales y territoriales con el fin de buscar apoyo técnico y económico que ayude a los habitantes a buscar soluciones de calidad para estas problemáticas que afrontan no solo los habitantes de la vereda Espigas si no los habitantes de las zonas rurales donde no se cuente con acueductos que garanticen una correcta intervención al recurso hídrico y continuación de este.

Asimismo, sería factible aplicar los planes de seguridad del agua (PSA) (Organización panamericana de la Salud, 2011) . La Organización Mundial de la Salud sugiere la implementación de planes que permitan evaluar el estado del sistema de suministro de agua. Estos planes facilitan la vigilancia de posibles amenazas que puedan afectar el sistema debido a diversas causas. Además, se busca desarrollar, adoptar y ejecutar estrategias de gestión que aseguren el funcionamiento eficiente y confiable del sistema de suministro de agua.

Del mismo modo, es oportuno tratar temas sobre el saneamiento y gestión de los residuos domésticos que son generados por las viviendas, esto con el fin de una mejor organización dentro de los lotes donde se encuentran las viviendas y que no se presente la posibilidad de infiltración de dichos residuos a las fuentes de agua presentes en cada lugar.

Finalmente, se sugiere evaluar las próximas obras en los predios previamente abordados, con el propósito de diseñar las cubiertas de manera que puedan formar parte de un sistema de recolección de aguas pluviales, de modo que no sea necesario llevar a cabo un sistema de recolección de lluvia por separado, lo que ayudaría a evitar gastos adicionales, con el fin de planificar las estructuras de techado de manera que puedan integrarse en un sistema de captación de aguas pluviales, evitando así la necesidad de implementar un sistema de recolección de lluvia independiente y los costos adicionales que esto conllevaría, y conforme a esto seguir buscando nuevas tecnologías de recolección con el fin de garantizar un mejoramiento para estas prácticas.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Acofi. (agosto de 2013). Obtenido de https://www.acofi.edu.co/wpcontent/uploads/2014/03/Generalidades_Disenio.pdf
- Awawdeh, M. A.-S.-Q. (2012). *Rainwater harvesting assessment for a small size urban area in Jordan. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 4(12)10.5897/IJWREE10.025. Obtenido de <https://academicjournals.org/journal/IJWREE/article-abstract/321328465147>
- Banco mundial. (03 de Octubre de 2022). *Agua*. Obtenido de Banco mundial: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- Fresneda-Patiño, J. V. (2021). *Modelo de gestión de acceso al agua potable en la comunidad de la vereda Charquira, municipio Carmen de Carupa, Cundinamarca. Trabajo de Grado. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Civil. Bogotá, Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/5d14b7af-c89e-4b34-a25c-c1d04c1747fe>
- Gobierno de México. (29 de marzo de 2010). *sabes cuanta agua consumes*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conanp/articulos/sabescuantaaguaconsumes#:~:text=D,e%20acuerdo%20a%20la%20Organizaci%C3%B3n,de%20consumo%20como%20de%20higiene>
- IDEAM. (2022). Obtenido de Estudio nacional del agua: http://www.ideam.gov.co/web/agua/estudio-nacional-del-agua/-/document_library_display/hWSQik0LFPrw/view/125666586?_110_INSTANCE_hWSQik0LFPrw_redirect=http%3a%2F%2Fwww.ideam.gov.co%2Fweb%2Fagua%2Festudio-nacional-del-agua%3Fp_id%3D110_INSTANCE_hWSQik0LFPrw
- Ideam. (Enero de 2014). Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/siac/ofertaagua#:~:text=La%20oferta%20h%C3%ADdrica%20superficial%20se,en%20la%20zonificaci%C3%B3n%20hidrogr%C3%A1fica%20de>
- INABIO. (2020). Obtenido de METAS AICHI: <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/metas-aichi/#:~:text=VI%20INFORME-,Las%20metas%20Aichi%20hacen%20referencia%20al%20cumplimiento%20del%20Plan%20Estrat%C3%A9gico,y%20particularmente%20de%20la%20nuestra>

- Kharraz, J. E.-S. (2012). *Water scarcity and drought in WANA countries*. *Procedia Engineering*, 33 14-29. Obtenido de <https://doi-org.ezproxy.umng.edu.co/10.1016/j.proeng.2012.01.1172>
- María Carmen Gonzales, G. D. (2010). *Estudio nacional del agua*. Obtenido de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021888/CAP5.pdf>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. (31 de Enero de 2014). *RESOLUCIÓN NÚMERO 0138 DE 2014*. Obtenido de https://www.maciasabogados.com/archivos/documentos_normatividad/Resolucion013820141252.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Por lo cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>
- Mundial, F. L. (2019). *Federación Luterana Mundial*. Obtenido de <https://colombia.lutheranworld.org/es/content/casas-aguateras-36>
- Naciones Unidas. (12 de Diciembre de 2015). *Climate change*. Obtenido de <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris#:~:text=El%20Acuerdo%20de%20Par%C3%ADs%20es,4%20de%20noviembre%20de%202016>.
- Naciones Unidas. (2022). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Examen Amplio de Mitad de Período del Logro de los Objetivos del Decenio Internacional para la Acción “Agua para el Desarrollo Sostenible” (2018-2028)*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-action-decade/>
- Naciones Unidas. (22 de marzo de 2023). Obtenido de <https://www.un.org/es/observances/water-day#:~:text=Conferencia%20de%20la%20ONU%20sobre,de%20marzo%20C%20Nueva%20York>.
- PROINBAL. (2010). Obtenido de AJUSTE AL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO: <https://www.sesquilecundinamarca.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Ajuste%20al%20Plan%20B%C3%A1sico%20de%20Ordenamiento%20Territorial.pdf>
- Ramirez, R. M. (2018). *El agua en la ciudad y los asentamientos urbanos*. Obtenido de JSTOR: <https://www.jstor.org/stable/j.ctv1m0kh1s?typeAccessWorkflow=login>

UNISDR. (18 de Marzo de 2015). Obtenido de Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo :
https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf

Zhou, Y. S. (2010). *Análisis de un sistema de captación de agua de lluvia para el suministro doméstico de agua en Zhoushan, China. Revista de la Universidad de Zhejiang. A. Ciencia, 11 (5), 342-348. 10.1631/jzus.A0900608*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1631/jzus.A0900608>

12. ANEXOS

ANEXO 1: RELACIÓN OFERTA – DEMANDA PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN LA EPOCA SECA

1. Descripción general:

Garantizar la disponibilidad de agua en la vereda ESPIGAS del pueblo de SESQUILE durante los meses de sequía para la población, por medio de sistema de recolección del agua en los meses de excedentes de precipitaciones.

2. Modelo de solución:

En zonas rurales, es de conocimiento que no se tiene conexión a un sistema de suministro de agua potable, dado a esto su abastecimiento se da principalmente por hídricas superficiales, como ríos, quebradas o nacimiento.

La Organización Panamericana de la Salud (OPS) define como una técnica que permite a un grupo de personas obtener agua para el consumo humano y agrícola en lugares donde es escasa el agua dulce, la manera de obtener y recolectar esas aguas se realiza mediante los techos de las viviendas, para evitar la manipulación y contaminación de estas (Fajardo Toloza & Sandoval Rodriguez , 2020).

Del mismo modo es importante mencionar que la a resolución 0844 de 2018 establece ciertos parámetros que son de suma importancia para tener en cuenta a la hora de plantear un reservorio y/o tanque para almacenar agua para su posterior uso estos permiten la optimización de volúmenes de almacenamiento, pero de manera poco invasiva; algunas de las condiciones planteadas son las siguientes (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2018, pág. 7):

2.1 Considerar la disponibilidad de agua, ya que es necesario considerar la oferta ambiental disponible en el sentido de recursos hídricos, su cantidad y calidad de esta (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2018).

2.2 Conocer y determinar la población atender y cuál es la demanda base de este; esta demanda se puede determinar mediante datos suministrados por la población por medio de encuestas, estas deberán realizarse durante la fase de estudio y diseño del sistema.

2.3 Identificar el esquema preliminar que se desea aplicar para cada familia o situación en específico.

2.4 Los requisitos mínimos y/o generales que se deben seguir para identificar la capacidad de compartir son:

1. Componentes de infraestructura, equipos especialmente motobombas y accesorios que permitan garantizar la entrega de manera segura el agua de consumo.
2. Los sistemas deben ser planeados, diseñados y contruidos conforme a los requisitos técnicos contenidos en esta resolución y planteados en la resolución 0330 de 2017 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017), de igual modo se podrán imprimir recomendación del título J del manual de buenas prácticas
3. Todo el material utilizado debe ser de uso hidráulico, sanitario o para lluvias, tales como PCV, polipropileno, polietileno de alta densidad (PEAD)
4. Dado que se incluyan proyectos de uso de sistemas prefabricados, el diseño, fabricación, ensamble de sus componentes y puesta en marcha debe tener un costo mínimo.
5. Proyectos de rehabilitación o de optimización de sistemas se buscará la adecuación de la infraestructura existente hacia la que se desee implementar.

6. Si las viviendas se encuentran dispersas y no es posible plantear soluciones colectivas se deberá contar con soluciones individuales de agua y saneamiento básico.

7. Para la selección de la tecnología es necesario tener en cuenta las recomendaciones sugeridas por la comunidad, claro está los diseños y puesta en marcha de estos debe cumplir con los requisitos técnicos establecidos en la normativa vigente.

3. Insumos:

3.1 Datos de precipitación de las estaciones Meteorológicas de la Corporación Autónoma Regional (CAR) Estación Bombas Sesquilé con ID 2120187 ubicada como se presenta a continuación.

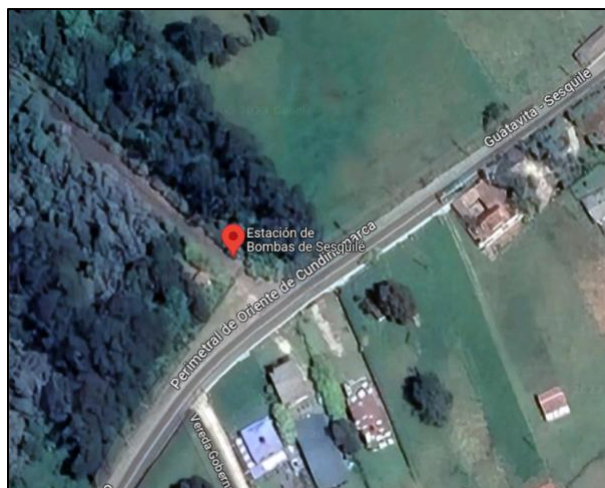


Ilustración 1 ubicación de la bomba de Sesquilé; Fuente: Google Maps

A continuación, encontrará una tabla con los últimos datos obtenidos de la página Web de la Corporación Autónoma Regional (CAR).

C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA									
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica									
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)									
ESTACIÓN : 2120187 BOMBAS SESQUILÉ									
AÑO	ENERO		FEBRE		MARZO		ABRIL		MAYO
PROMEDIO MULTIANUAL	40,57		33,54		59,37		66,35		66,74
									54,77

C A R - CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA									
SICLICA - Sistema de Información Climatológica e Hidrológica									
VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)									
ESTACIÓN : 2120187 BOMBAS SESQUILÉ									
AÑO	JULIO		AGOST		SEPTI		OCTUB		NOVIE
PROMEDIO MULTIANUAL	62,55		48,86		42,47		73,81		73,11
									28,60

Tabla 1 Datos de Precipitación Multianual de la Corporación Autónoma Regional (Car); Fuente: (Corporación Autónoma Regional (Car), 2023)

3.2 Área disponible del techo para la recolección de agua lluvia, para determinar este dato es necesario tomar medidas de ancho y base de la casa, como se muestra en la siguiente imagen.

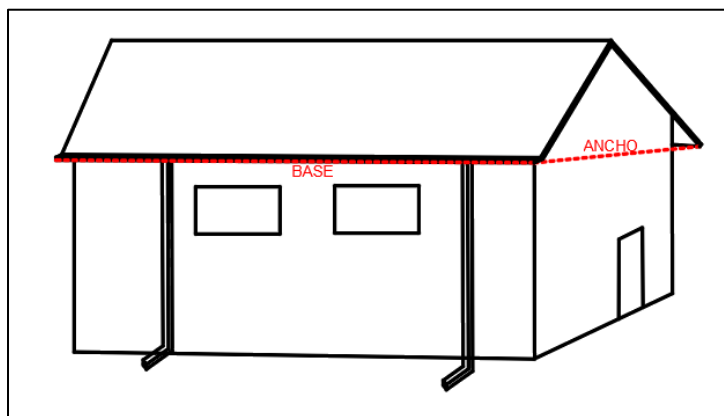


Ilustración 2 área horizontal; fuente: propia

$$A_{techo} = L * B$$

Ecuación 1 área del techo

$L \rightarrow$ Largo (metros).

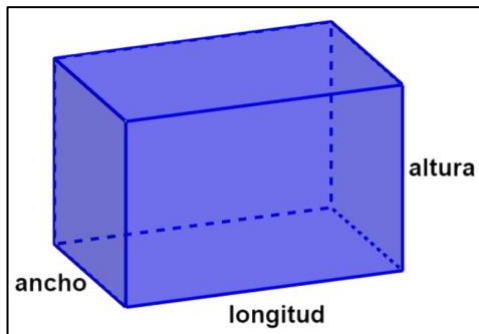
$B \rightarrow$ Base (metros).

3.3 Datos de demanda de cada familia determinados en Ficha que lleva por nombre “OPTIMIZACIÓN DE DEMANDA DE AGUA POR CADA FAMILIA”

3.4 Oferta disponible de cada reservorio existente en las fincas, dicha oferta se determina mediante e área de cada uno considerando su forma de cada uno.

1. Si es un reservorio cuadrado, se medirá largo, ancho y altura.

$$V_{rectangular} = H * L * A$$



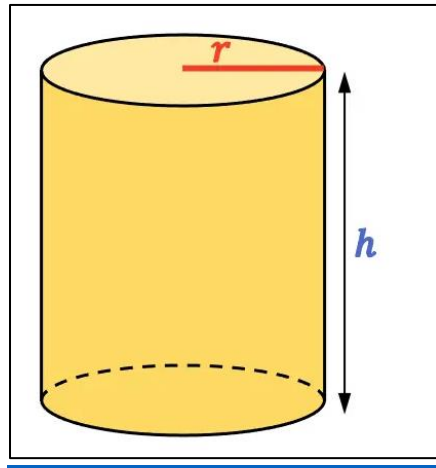
Ecuación 2 volumen de oferta de reservorio rectángulo

$L \rightarrow$ Largo (metros)

$H \rightarrow$ Ancho (metros)

$A \rightarrow$ Altura (metros)

2. Si es un reservorio circular, se debe considerar el radio (igual diámetro dividido en dos) y la altura de este como se muestra a continuación.



$$V_{circular} = A * \pi * r^2$$

Ecuación 3 volumen de oferta de reservorio circulo

$r \rightarrow$ Radio (metros)

3.5 Realizar la relación oferta – demanda y verificar si esta oferta cumple con la demanda de cada familia

4. Diagrama de flujo

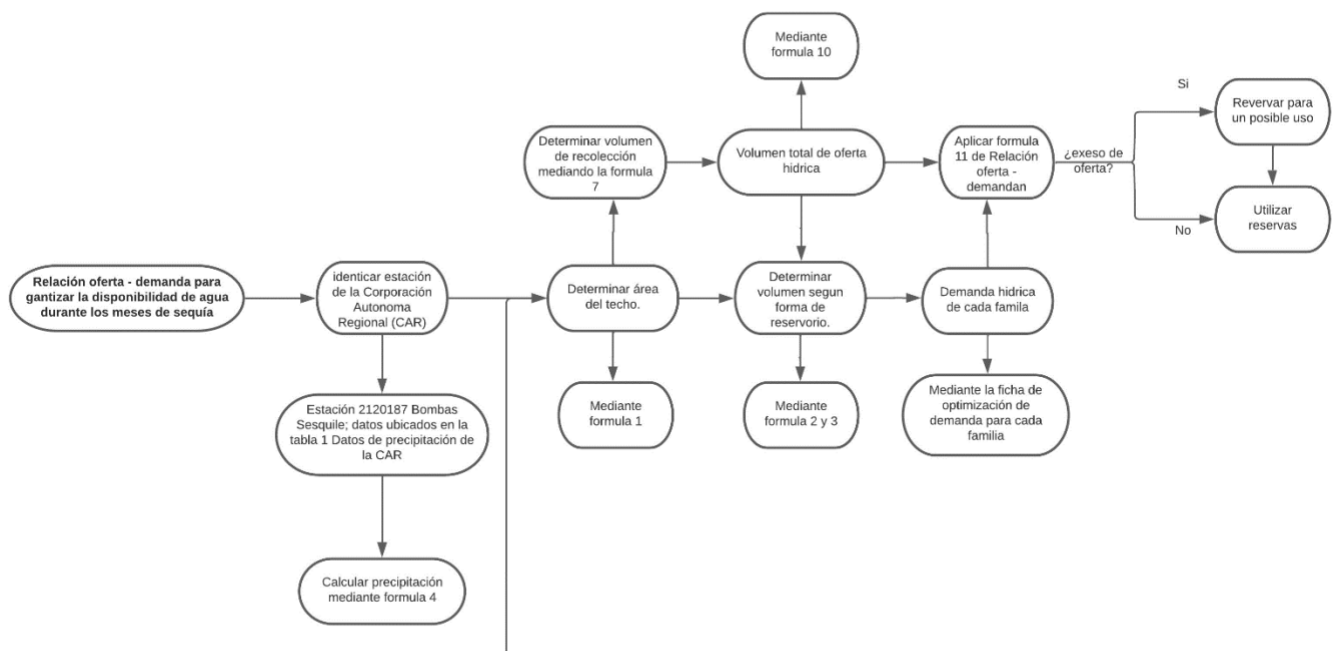


Ilustración 3 Ingeniera Conceptual

5. Aplicabilidad y Formulas

Determinar la oferta de agua lluvia de la zona y si puede suplir la necesidad de escases de cada familia, es importante considerar que se priorizara la demanda de agua para consumo de cada familia, como establece el Manual de Buenas Prácticas Título J. (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2017).

Para determinar la oferta de agua lluvia se debe calcular la precipitación media de cada uno de los meses teniendo en cuenta los datos anteriores, dicho promedio de cálculo de la siguiente manera:

$$P_m = \frac{P_{\text{precipitaciones del mes de enero de los últimos 36 años registrados}}}{N}$$

Ecuación 4 precipitación media mensual

$P_m \rightarrow$ Precipitación media Mensual

$P_{\text{últimos 36 años}} \rightarrow$ Precipitación de cada año del cual se tiene dato.

$N \rightarrow$ Numero de datos donde halla valor numerico.

A continuación, se presenta un ejemplo de determinar el promedio con enero.

$$P_m = 40.56 \frac{mm}{mes}$$

De Igual forma se añade a promedios mensuales de los últimos doce meses del año.

<i>Enero</i> → $40.56 \frac{mm}{mes}$	<i>Mayo</i> → $66.74 \frac{mm}{mes}$	<i>Septiembre</i> → $42.47 \frac{mm}{mes}$
<i>Febrero</i> → 33.54	<i>Junio</i> → $54.77 \frac{mm}{mes}$	<i>Octubre</i> → $73.81 \frac{mm}{mes}$
<i>Marzo</i> → $59.37 \frac{mm}{mes}$	<i>Julio</i> → $62.55 \frac{mm}{mes}$	<i>Noviembre</i> → $73.11 \frac{mm}{mes}$
<i>Abril</i> → $66.35 \frac{mm}{mes}$	<i>Agosto</i> → $48.86 \frac{mm}{mes}$	<i>Diciembre</i> → $28.60 \frac{mm}{mes}$

6. Oferta de agua lluvia.

$$V_{oferta} = P_m * \left(\frac{1}{1000} \right)$$

Ecuación 5 oferta de agua lluvia

$V_{oferta} \rightarrow$ Volumen de agua lluvia al mes.

$P_m \rightarrow$ Promedio Mensual de precipitaciones segun datos de los ultimos años.

Los volúmenes oferta en metros cubico por metro cuadrado se determinan mediante la formula número 5, teniendo en cuenta los valores multianuales, los resultados obtenidos son los siguientes:

VOLUMEN OFERTA POR CADA METRO CUADRADO (m ³ /m ²)									
	ENERO		FEBRE		MARZO		ABRIL		JUNIO
VOLUMEN MENSUAL	0,04		0,03		0,06		0,07		0,05

VOLUMEN OFERTA POR CADA METRO CUADRADO (m ³ /m ²)									
	JULIO		AGOST		SEPTI		OCTUB		DICIE
VOLUMEN MENSUAL	0,06		0,05		0,04		0,07		0,03

Tabla 2 volúmenes ofertados por cada metro cuadrado; Fuente: (Barragán, 2023)

7. Área del techo.

$$A_{techo} = L * B$$

Ecuación 6 Área del techo

$L \rightarrow$ Largo (metros)

$B \rightarrow$ Base (metros)

8. Volumen ofertado por el techo.

Para determinar el Volumen de agua que se puede obtener de la recolección del techo se debe multiplicar el área por el volumen ofertado por metro cuadrado que se ven en la “Tabla 2 volúmenes ofertados por cada metro cuadrado” aplicando la siguiente formula:

$$V_{techo} = A_{techo} * V_{oferta}$$

Ecuación 7 volumen del techo

9. Oferta de los reservorios existentes.

Rectangular

$$V_{rectangular} = H * L * A$$

Ecuación 8 volumen de oferta de reservorio rectángulo

$L \rightarrow \textit{Largo} \textit{ (metros)}$

$H \rightarrow \textit{Ancho} \textit{ (metros)}$

$A \rightarrow \textit{Altura} \textit{ (metros)}$

Circular

$$V_{circular} = A * \pi * r^2$$

Ecuación 9 volumen de oferta de reservorio circulo

$$r \rightarrow \text{Radio (metros)}$$

10.Oferta hídrica mensual

Para determinar la oferta hídrica total que se presenta en la zona se deben sumar el volumen de los reservorios existentes y el volumen de agua proporcionado por el techo.

$$V_{oferta\ total} = V_{tipo\ de\ reservorio} + V_{techo}$$

Ecuación 10 volumen de oferta hídrica mensual

$$\begin{aligned} V_{tipo\ de\ reservorio} &\rightarrow \text{metros cubicos} \\ V_{techo} &\rightarrow \text{metros cubicos} \end{aligned}$$

11.Relación oferta y demanda

$$R_{\frac{oferta}{demanda}} = Demanda\ hidrica\ mensual - Oferta\ hidrica\ mensual.$$

Ecuación 11 relación oferta – demanda

Demanda hidrica mensual $\rightarrow$ metros cubicos que se obtiene del Anexo 4

Oferta hidrica mensual $\rightarrow$ metros cubicos que se obtienen de la formula 10

Si el valor es positivo, indica que la oferta existente cumple con lo establecido y que además se cuenta con un volumen en exceso que puede reservarse para usarse después.

Si por el contrario es negativo, dicho número nos indica que la oferta de ese mes no supe las necesidades básicas y en este caso se podría utilizar el volumen de reserva en caso de haberlo.

En caso de que se desee almacenar para su posterior uso se debe realizar lo siguiente:

1. Obtener todos los valores de oferta hídrica del almacenamiento existente.
2. Tener claro cuál es la demanda hídrica mensual de cada familia que se obtiene por medio de la ficha "OPTIMIZACION DE DEMANDA DE AGUA POR CADA FAMILIA".
3. Con los datos anteriormente mencionados, verificar el valor mayor de la oferta de almacenamiento que este por encima de la demanda.
4. Con los datos anteriormente mencionados, verificar el valor menor de la oferta de almacenamiento que este por debajo de la demanda.
5. Sumar los valores obtenidos antes para así obtener el volumen que se requiere como mínimo el tanque y/o reservorio para almacenar el exceso de agua.

12. Ventajas y desventajas.

Ventajas

1. La cantidad de agua a obtener dependerá de la pluviosidad del lugar, la superficie de captación y almacenamiento. Así mismo, se debe considerar que los patrones de agua ni son constante todos los años, por lo que su oferta calculada varía (Ministerio de Ambiente, 2021).
2. La recolección de agua lluvia permite tener una alta calidad fisicoquímica de la misma, lo que nos indica que esta no estará tan contaminada.

Desventajas

1. En algunos casos no es posible determinar el área total del área de recolección lo que impide que se tenga un dimensionamiento claro de dicha área.
2. No se cuenta con la tecnología necesaria para realizar un sistema primario de limpieza en las aguas recogidas por los diferentes reservorios y/o tecnología de casa aguatera.

Autor: Andrea Valentina Barragán Vega.

ANEXO 2: CASAS AGUATERAS PARA USO DEL RECURSO HIDRICO PARA GANADO Y QUEHACERES DEL HOGAR.

1. Descripción general

En la vereda Espigas de Sesquilé Cundinamarca, algunos habitantes han tomado como opción para recolectar agua lluvia la construcción de casas aguateras, ajustando los techos con el fin de abastecerse de este líquido, para utilizarlo en la ganadería y/o los quehaceres del hogar.

Las casas aguateras son construcciones que se adaptan a los entornos con escasez de agua, aprovechando los recursos como el agua lluvia, para almacenar y distribuir agua.

2. Modelo de solución

Se van a realizar dos opciones de casas aguateras dependiendo de las necesidades de los casos individualmente; la primera opción se va a construir como estructura independiente de la vivienda, lo pueden usar las personas que no tienen suficiente agua para el ganado o cuando el techo de la vivienda no es apto para estas adecuaciones.

En el segundo caso, la casa aguatera se realiza en la vivienda haciendo adecuaciones para captar el agua lluvia.

Para realizar el diseño de la casa aguatera se debe ir al título J Alternativas Tecnológicas en Agua y Saneamiento para el Sector Rural “8.9.6 Recomendaciones para el diseño del sistema” en donde encontrará los siguientes pasos.

1. Se debe conocer el régimen hidrológico de la región donde se va a desarrollar el proyecto, para esto se debe basar en los datos de precipitación mensual del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM o Corporación Autónoma regional (CAR).

En Sesquilé se encuentra la estación 2120187 Bombas Sesquilé, donde se sacó la siguiente información:

Enero (mm/mes)	Febrero (mm/mes)	Marzo (mm/mes)	Abril (mm/mes)	Mayo (mm/mes)	Junio (mm/mes)
40,6	33,5	59,3	66,3	66,7	54,7
Julio (mm/mes)	Agosto (mm/mes)	Septiembre (mm/mes)	Octubre (mm/mes)	Noviembre (mm/mes)	Diciembre (mm/mes)
62,5	48,9	42,5	73,8	73,1	28,6

Tabla 1 Precipitación Mensual; Fuente: (Valencia, 2023)

mm/mes = milímetro sobre mes

2. Determinar la demanda. En las regiones de baja oferta hídrica, la demanda de agua estimada para el diseño de sistema de captación de agua lluvia para la vivienda rural debe estimarse en 50 litros/día humanos y 40

litros/día ganado, optimizando la demanda de agua, según El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

3. La superficie de la captación se debe calcular con el área de proyección horizontal de las superficies, la cual está dada por:

$$A = B \times H$$

Ecuación 1 Área proyección horizontal

A = Área

B = Base

H = Ancho

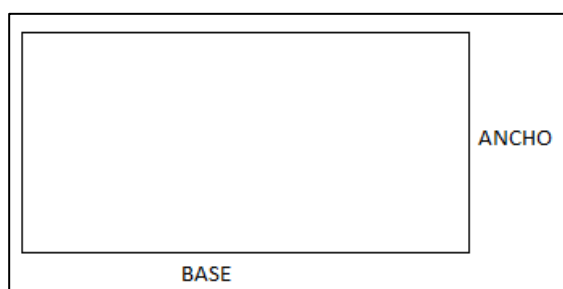


Ilustración 1 área rectangular; Fuente: Elaboración propia

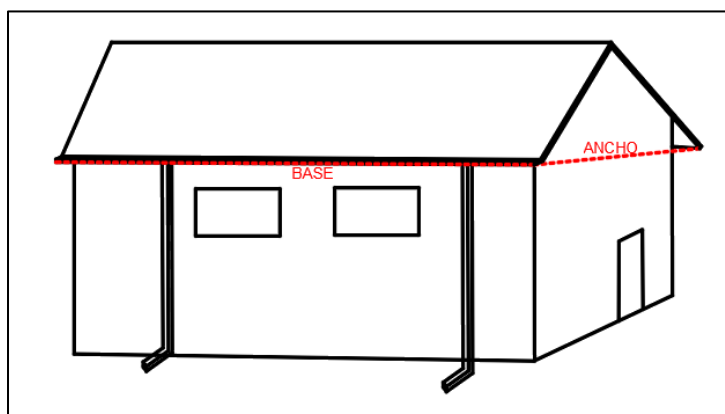


Ilustración 2 área techo; Fuente: Rlaboración propia

4. Se debe tener en cuenta el tipo de material del que están o van a estar construidas estas superficies para tener en cuenta el coeficiente de escorrentía para techos de:

1. Teja de lámina plástica = 0.9
2. Teja de asbesto cemento = 0.9
3. Teja de arcilla cocida = 0.8 a 0.9
4. Pisos cementados = 0.9
5. Piso pavimentado con ladrillo = 0.8

5. El cálculo del volumen de la oferta de agua que se puede captar en los meses de invierno está dado por:

$$V_o = \frac{(P_i)(C_e)(A)}{1000}$$

Ecuación 2 Volumen de oferta de agua

V_o = Volumen de la oferta de agua en m³/mes

P_i = Precipitación mensual en mm/mes

A = Proyección horizontal en el techo

C_e = Coeficiente de escorrentía

Ejemplo: Calcular el volumen de oferta de agua lluvia, que puede captar una vivienda con techo de lámina plástica, con una base de 9m por un ancho de 8.5m en el mes de octubre, para un hogar con 3 vacas.

$$A = 9 * 8.5 = 76.5 \text{ m}^2$$

$$Pi = 73.8 \text{ mm/mes}$$

$$Ce = 0.9$$

$$V_o = \frac{73.8 * 0.9 * 76.5}{1000} = 5.08 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$Demanda = 3 * 40 = 120 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * \frac{0.001 \text{ m}^3}{1 \text{ litro}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 3.6 \text{ m}^3/\text{mes}$$

En caso de que se desee o se deba realizar una casa adicional ya sea porque no cumple oferta y demanda o el techo no es óptimo para realizar una mejora se debe tener en cuenta lo siguiente:

1. Cantidad de animales.
2. Precipitaciones mensuales.
3. Volumen de oferta de agua.
4. Dotación neta por animal.

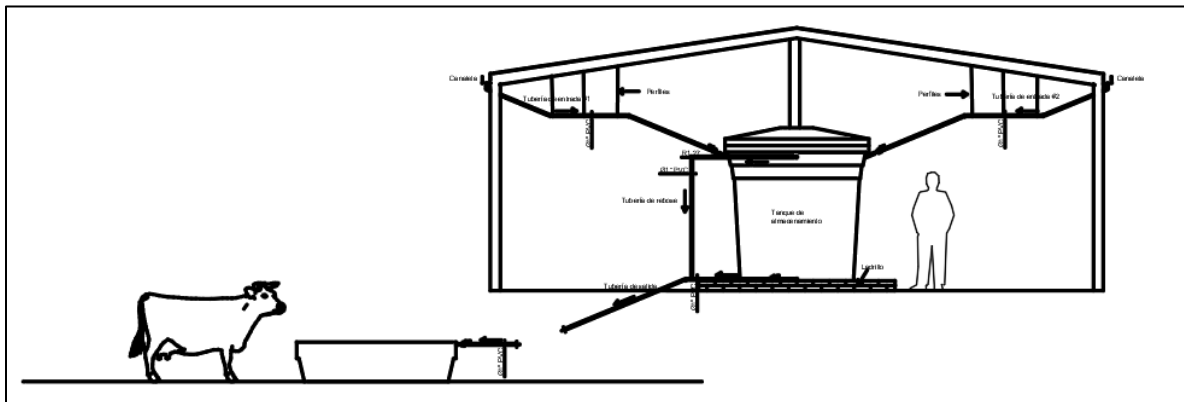


Ilustración 3 casa adicional; Fuente: Elaboración propia

Después de lo mencionado anteriormente y con los datos de las precipitaciones se procede a determinar el volumen de oferta de agua con la ecuación 2, teniendo en cuenta un área de 27 m^2 los cuales por criterios del diseñador será el área mínima por cubrir en el caso de tener un animal, dado el valor anterior se determina que la base es 4.5 m y el ancho 6 m respectivamente.

Ahora bien, se debe obtener el volumen de uso ($\frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$), el cual se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen}_{uso}: \text{Volumen oferta agua} - \text{Demanda total}$$

Ecuación 3 Volumen uso

Posterior a lo anterior se debe determinar el volumen que se puede almacenar con la siguiente ecuación:

$$\text{Volumen}_{almacenado}: \text{Volumen}_{uso} + \text{Volumen}_{almacenado}$$

Ecuación 4 Volumen almacenado

Teniendo en cuenta lo anterior se prosigue a usar el programa C + T compuesto, en el cual se debe tener en cuenta el tipo de madera que se va a utilizar en este caso es eucalipto que posee un contenido de humedad del 16%.

Con lo propuesto anteriormente se procede a seleccionar las dimensiones de las vigas que se van a utilizar.

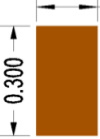
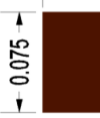
Seccion Transversal	
	Vigas
	Columna

Tabla 2 Dimensiones de Vigas y Columnas; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se trabaja con madera maciza y se debe elegir Colombia como país y la NSR – 10.

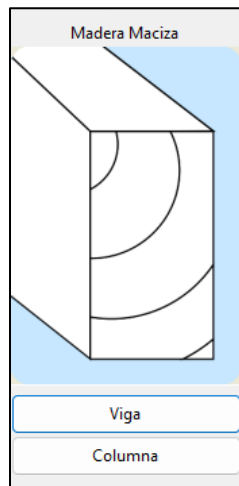


Ilustración 4 viga, Fuente: (Silva & Valencia, 2023)



Ilustración 5 c+t compuesto; Fuente : (Silva & Valencia, 2023)

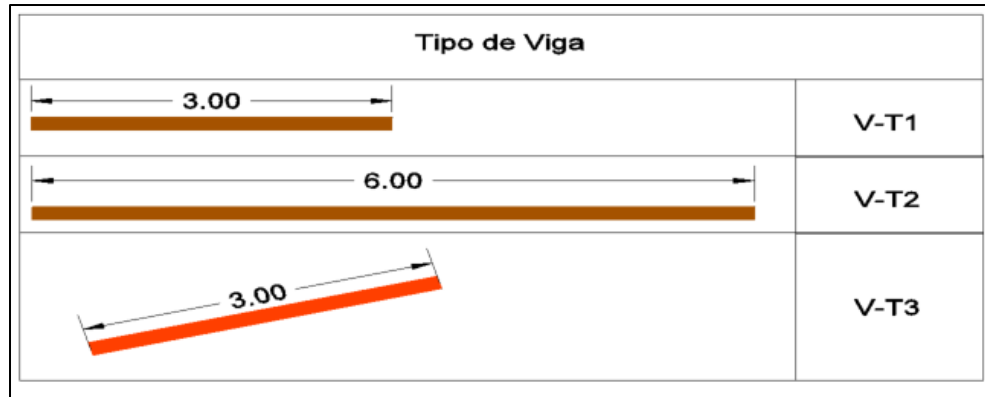


Ilustración 6 tipología o nomenclatura de viga; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Ahora bien, se debe iniciar con la viga, integrando los siguientes valores y dando ingresar.

Viga

Parametros

País: Colombia

Especie: Eucalipto

Grado Estructural: ES

Contenido de Humedad: 16 %

Acabado: Aserrado Bruto

Tamaño de seccion: 50mm x 75mm (2x3)

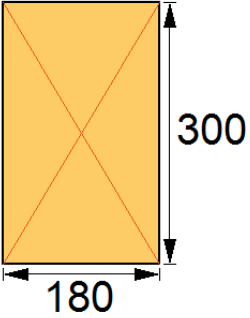
☒ especificar otra sección

b: 180 [mm] h: 300 [mm]

Tensiones Admisibles

Tension	Valor (MPa)
Flexion	17.7
Compresion Paralela	12.9
Traccion Paralela	13.3
Cizalle	1.9
Compresion Nomal	2.7
Modulo de Elasticidad	13800

Diagrama



180 300

Calcular Tensiones Admisibles

Ingresar

Ilustración 7 sección diseño vigas, Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

El espaciamiento es de 610 mm y se verifica el tamaño de la sección, se calculan las tensiones admisibles y se da ingresar.

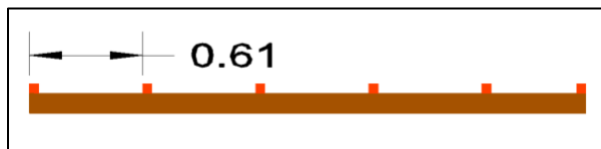


Ilustración 8 separación de vigas; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Para obtener la cantidad de vigas, se realizará de la siguiente manera:

$$Cantidad_{V-T3} = \frac{3m}{0.610m} + 1 \approx 5.91$$

$$Cantidad_{V-T3} = 6$$

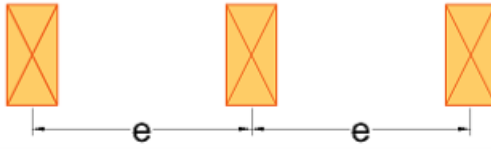
$$Cantidad_{V-T3} = \frac{6m}{0.610m} + 1 \approx 10.83$$

$$Cantidad_{V-T3} = 11$$

Espaciamiento y tipo de restricción

Espaciamiento (e) [mm]

Diagrama



Tipo de restricción al volcamiento

☒ Ninguno

☐ Continuo a lo largo de la viga, placa de espesor [mm]

☐ Cadenetas, crucetas o costaneras distanciadas a [mm]

Ilustración 9 espaciamiento; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Tipo de apoyo

Configuración

☒ Apoyada ☐ Voladizo ☐ Empotrada

Apoyada

☒ continua - 1 tramo ☐ continua - 3 tramos

☐ continua - 2 tramos ☐ continua - 4 tramos

Tramos

☒ tramos iguales ☐ tramos distintos

tramo [mm]

tramo 1 [mm]

tramo 2 [mm]

tramo 3 [mm]

tramo 4 [mm]

Voladizo

☒ Empotrada

☐ Apoyada (Fijo+Movil) [mm]

Empotrada

☒ Bi-empotrada ☐ Empotrada-Apoyada (Movil)

Diagrama

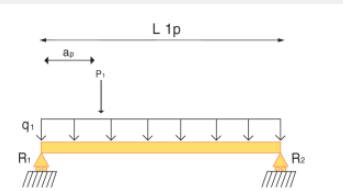


Ilustración 10 tipo apoyo; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se van a colocar 5 vigas con una pendiente del 15%, siendo el largo de la viga de 3 m o 6 m dependiendo el caso.

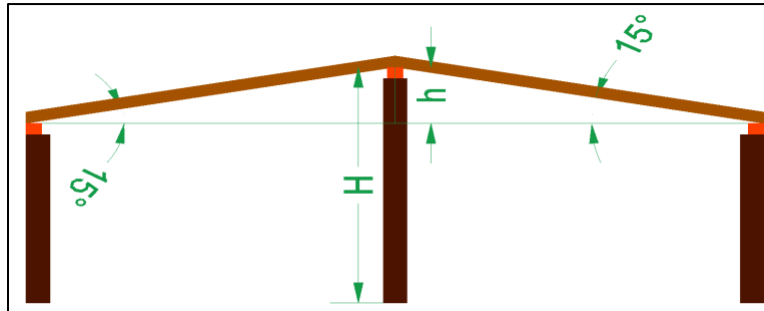


Ilustración 11 ángulo de inclinación para determinar la altura de la columna central;
Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Para determinar la carga permanente se deben usar las siguientes ecuaciones:

$$\text{Carga total} = \text{Peso techo} + \text{Peso Viga}$$

Ecuación 5 carga total

$$q = \text{Carga total} * \text{Separación vigas}$$

Ecuación 6 q

$$M_{max} = \frac{q \left(\frac{N}{mm} \right) * \text{Longitud de viga}^2}{8}$$

Ecuación 7 Mmax

$$W_n = \frac{\text{ancho viga} * \text{alto viga}^2}{6}$$

Ecuación 8 Wn

$$F_{trabajo} = \frac{M_{max}}{W_n}$$

Ecuación 9 F trabajo

Para la carga permanente se deben tener en cuenta los siguientes valores, para los tres casos que se van a tomar:

Para la viga de 3m inclinada V-t3.

Carga total	5,345	kg/m ²		
q	3,212	kg/m	0,031502	N/mm
Mmax	35439,955	N.mm		
Wn	2700000	mm ³		
Ftrabajo	0,0131	Mpa		

Tabla 3 V-t3; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Para la viga de 6 m V-t2.

Para la viga de 3m horizontal V-t1.

Cargatotal	10,245	kg/m ²		
q	6,157	kg/m ²	0,060382	N/mm
Mmax	271717,3747	N.mm		
Wn	2700000	mm ³		
Ftrabajo	0,1006	Mpa		

Tabla 4 v-t2; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Carga total	10,245	kg/m ²		
q	6,157245	kg/m ²	0,060382	N/mm
Mmax	67929,34367	N.mm		
Wn	2700000	mm ³		
Ftrabajo	0,025159	Mpa		

Tabla 5 v-t1; Fuente: (silva & Valencia, 2023)

Cargas Permanentes

Cargas distribuidas

Cargas puntuales

Carga Distribuida 1 (q_1)

0131

[N/mm2]

Carga Distribuida 2 (q_2)

0.00

[kg/m2]

Carga Distribuida 3 (q_3)

0.00

[kg/m2]

Carga Distribuida 4 (q_4)

0.00

[kg/m2]

Diagrama

Ingresar

Ilustración 12 cargas permanentes; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Para el tipo de estructura y la geografía en la cual se localiza, no hay carga de sobreuso ni de nieve, por lo que solo se trabaja con la carga de viento.

Con el siguiente mapa se determina la posición de la población:

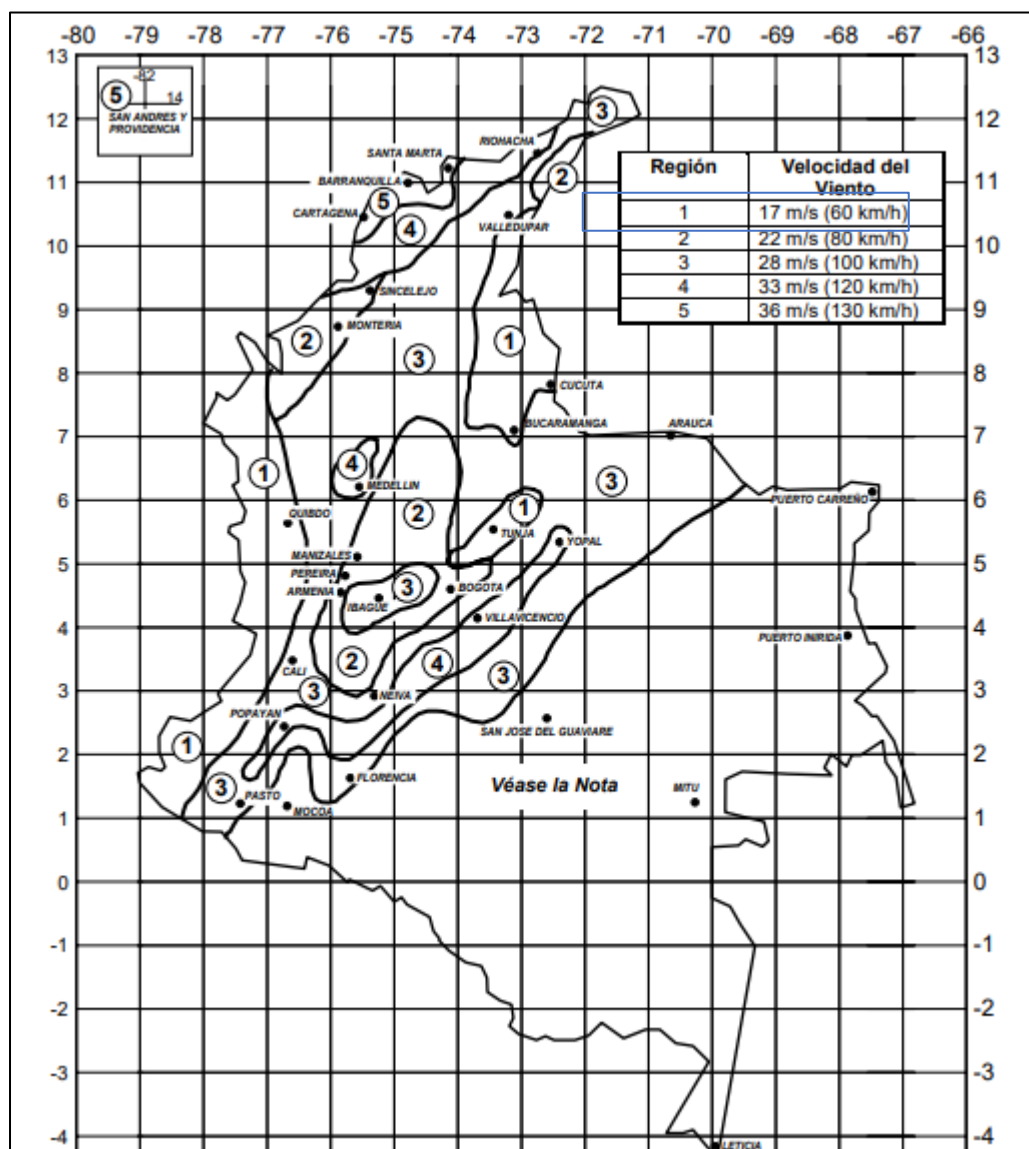


Ilustración 13 velocidad viento NSR 10; Fuente: (NSR 10, Título B; 2010)

NSR-10 – Capítulo B.6 – Fuerzas de viento

Sistema Principal de Resistencia de Fuerzas de Viento – Método 1										h ≤ 18,0 m		
Figura B.6.4-2 (Continuación)			Presiones de Viento de Diseño							Muros y Cubiertas		
Edificios Cerrados												
Procedimiento Simplificado: Presión Básica de Viento, p_{s10} (kN/m ²) (Exposición B a una altura $h = 10.0$ m, $K_{z1} = 1.0$, con $I = 1.0$)												
Velocidad Básica de Viento m/s (km/h)	Angulo de Inclinación de la cubierta (grados)	Caso de Carga	Zonas									
			Presiones Horizontales				Presiones Verticales				Aleros	
			A	B	C	D	E	F	G	H	E_{OH}	G_{OH}
17 (60)	0 a 5	1	0.11	-0.05	0.07	-0.03	-0.13	-0.07	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14
	10	1	0.12	-0.05	0.08	-0.03	-0.13	-0.08	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14
	15	1	0.13	-0.04	0.09	-0.02	-0.13	-0.08	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14
	20	1	0.15	-0.04	0.10	-0.02	-0.13	-0.09	-0.09	-0.07	-0.18	-0.14
	25	1	0.13	0.02	0.10	0.02	-0.06	-0.08	-0.04	-0.06	-0.11	-0.09
		2	----	----	----	----	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03	----	----
	30 a 45	1	0.12	0.08	0.09	0.06	0.01	-0.07	0.00	-0.06	-0.04	-0.05
		2	0.12	0.08	0.09	0.06	0.05	-0.04	0.04	-0.03	-0.04	-0.05

Ilustración 14 sistema principal resistencia de fuerza de viento NSR 10; Fuente: (NSR 10, Título B; 2010)

Con la posición de la población se observa la siguiente tabla:

Teniendo una carga de viento de $1\text{kn}/\text{m}^2$.

Y se pone de la siguiente manera:

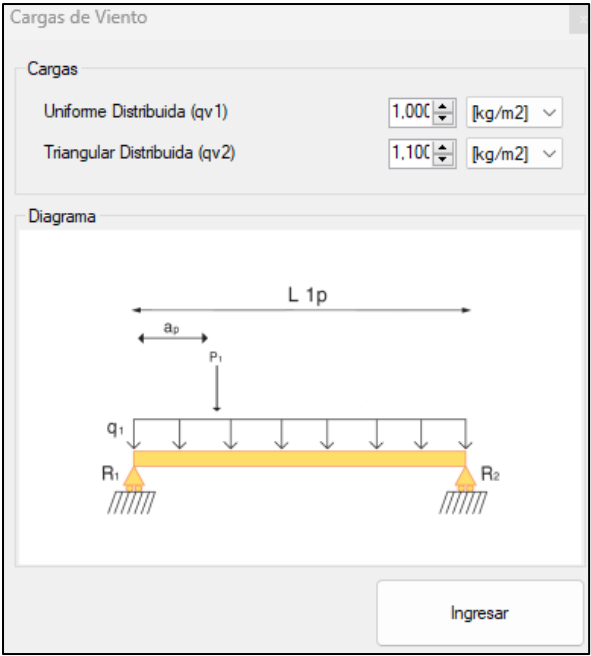


Ilustración 15 cargas de viento; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se procede a calcular mediante el programa, verificando que cada una de las condiciones cumplan para el diseño de la estructura en madera.

Viga				
Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en flexión [MPa]	14,02	3,43	24	Cumple
Tensión en cizalle [MPa]	1,56	0,34	22	Cumple
Tensión en compresión normal [MPa]	1,67	0,38	23	Cumple
Tensión en tracción paralela [MPa]	10,53	0,03	0	Cumple
Tensión en compresión paralela [MPa]	8,04	0,03	0	Cumple

Tabla 6 Resumen Viga; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Viga				
Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	8,04	0,03	0	Cumple
Verificación interacción tracción-flexión	1	0,248	24,8	Cumple
Verificación interacción compresión-flexión	1	0,244	24,4	Cumple
Deformación total [mm]	7,5	5,066	68	Cumple
Deformación sobrecarga [mm]	8,333	0	0	Cumple

Tabla 7 Resumen Viga; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se saca el diagrama de momento, corte, deformación y axial.

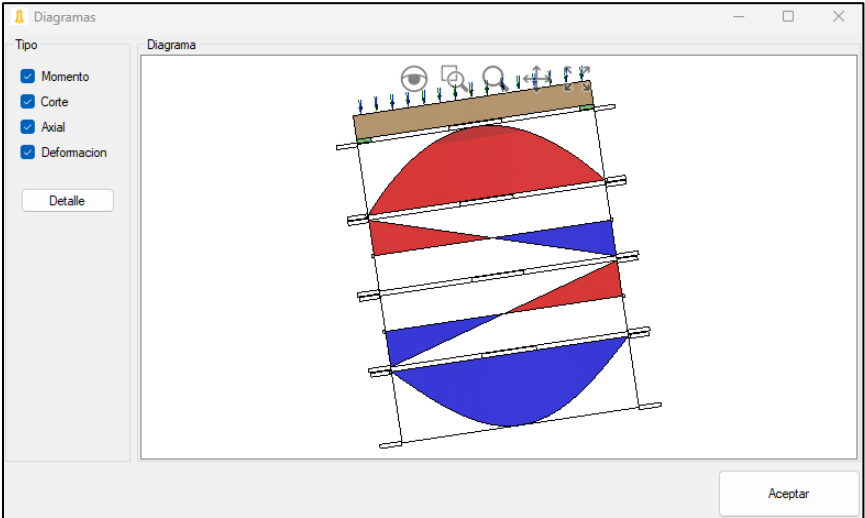


Ilustración 16 diagrama momento, cortante, axial y deformación; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se observa la gráfica de las vigas.

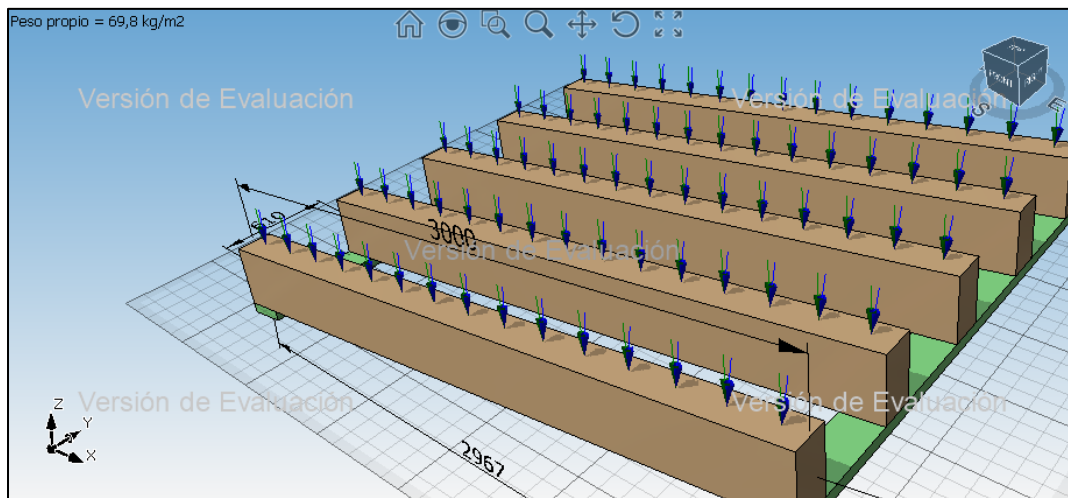


Ilustración 17 gráfica viga; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se debe realizar el mismo procedimiento 3 veces, con los datos mencionados anteriormente.

Se procede a realizar el procedimiento anterior para las columnas como se muestra a continuación:

Con lo propuesto anteriormente se procede a seleccionar las dimensiones de las columnas que se van a utilizar.

Tipo de Columnas	
	C-T1
	C-T2

Ilustración 18 tipología o nomenclatura de columnas; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Para las columnas se deben tener en cuenta que van a estar enterradas a una profundidad mínima de 60cm y máxima de 90 cm, adicionalmente se realizara una cimentación en concreto ciclópeo para dar estabilidad a la estructura, se van a poner las columnas C-T1 en las esquinas y la columna C-T2 en el centro, como se muestra a continuación:

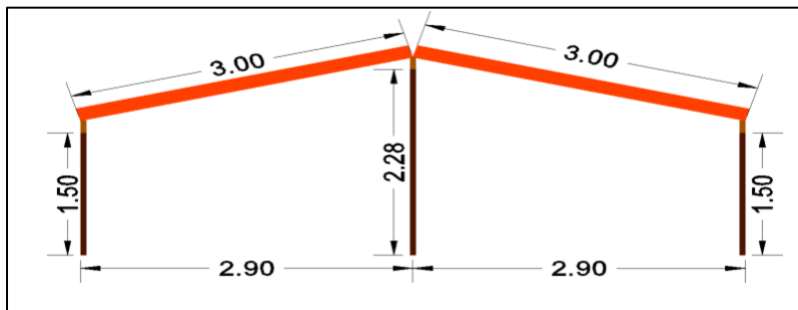


Ilustración 19 pórtico con inclinación; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Se verifican los siguientes datos, se calcula y se da ingresar:

Columna

Parametros

Pais: Colombia

Especie: Eucalipto

Grado Estructural: ES

Contenido de Humedad: 16 %

Acabado: Aserrado Bruto

Tamaño de seccion: 50mm x 75mm (2x3)

☐ especificar otra seccion

b [mm] h [mm]

Diagrama

50 75

Calcular Tensiones Admisibles

Ingresar

Tensiones Admisibles

Tension	Valor (MPa)
Flexion	17,7
Compresion Paralela	12,9
Traccion Paralela	13,3
Cizalle	1,9
Compresion Normal	2,7
Modulo de Elasticidad	13800

Ilustración 20 parámetros columna; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

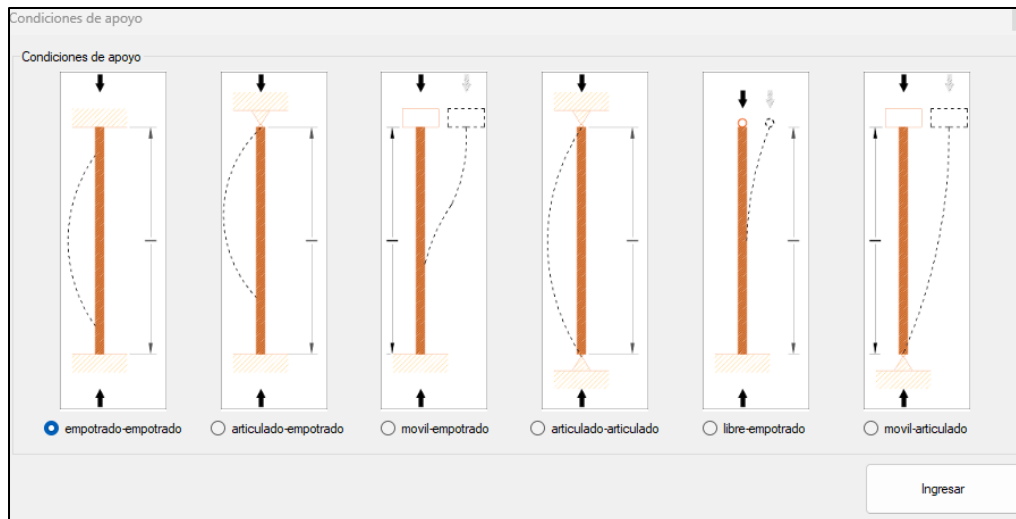


Ilustración 21 condiciones de apoyo; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

La condición del apoyo para esta estructura es empotrado – empotrado.

Se deben tener en cuenta las siguientes restricciones de pandeo:

Ilustración 22 restricciones de pandeo; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

El largo de la columna es de 1500 mm, con un espaciamiento de 3000 mm y son dos columnas.



Largo columna (la)	1500	[mm]
Número columnas	2	
Espaciamiento columnas	3000	[mm]

Ilustración 23 dimensionamiento de columnas; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Para este caso solo se coloca la carga permanente calculada.

$$Carga_{permanente} = Carga\ Total\ Vigas * \text{Área Techo}$$

Ecuación 4 Carga Permanente

3m	carga permanente	92,21	kg
6m	carga permanente	184,41	kg

Ilustración 24 carga permanente; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)



Carga de Compresion	
Carga Permanente	98.21 [kg]
Sobrecarga de techo	0.00 [kg]
Sobrecarga de piso	0.00 [kg]
Nieve	0.00 [kg]

Ilustración 25 carga compresión; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Con la carga de viento obtenida anteriormente, se procede a ponerlo en el programa, tanto en los ejes X-X, como en Y-Y.

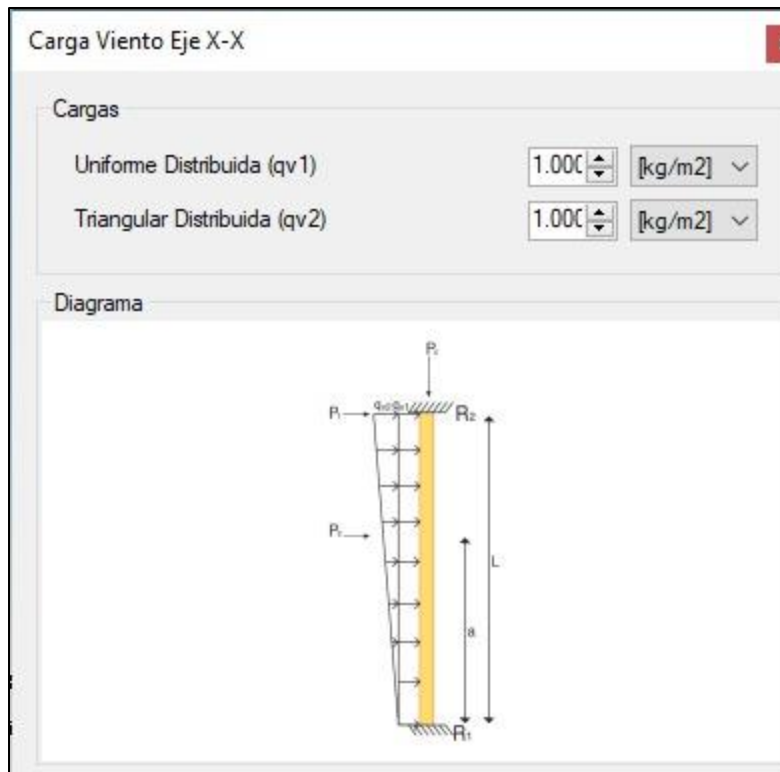


Ilustración 26 carga vientos X-X; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

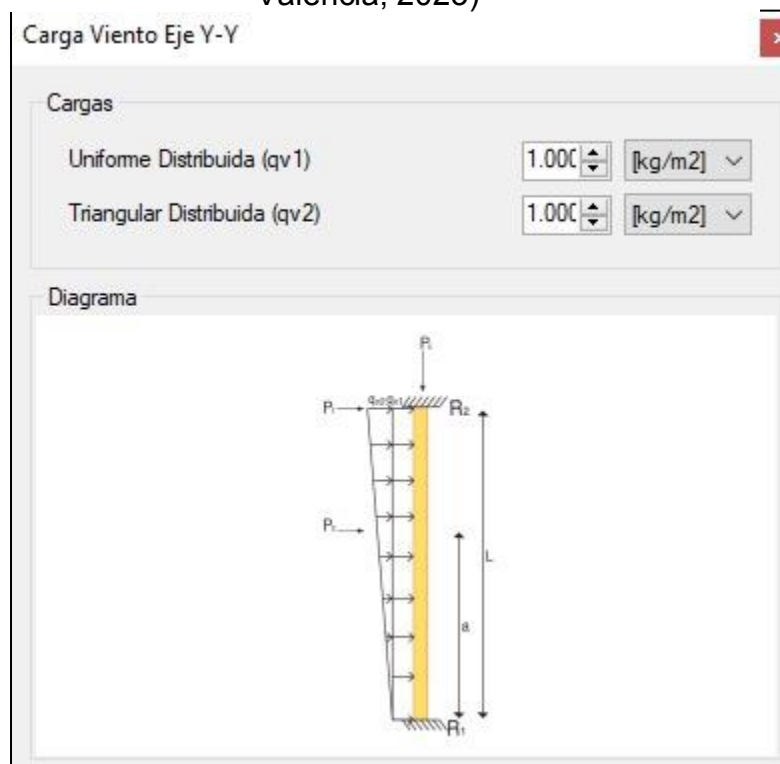


Ilustración 27 carga viento Y-Y; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Con los datos en el programa se procede a verificar los resultados, teniendo en cuenta que deben decir Cumple.

Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	9,73	0,03	0	Cumple
Tensión en flexión x-x [MPa]	27,59	0,01	0	Cumple
Tensión en flexión y-y [MPa]	27,59	0,01	0	Cumple
Verificación interacción	1	0	0	Cumple

Imagen 28 Resumen resultados; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

O

obteniendo las siguientes gráficas como resultado:

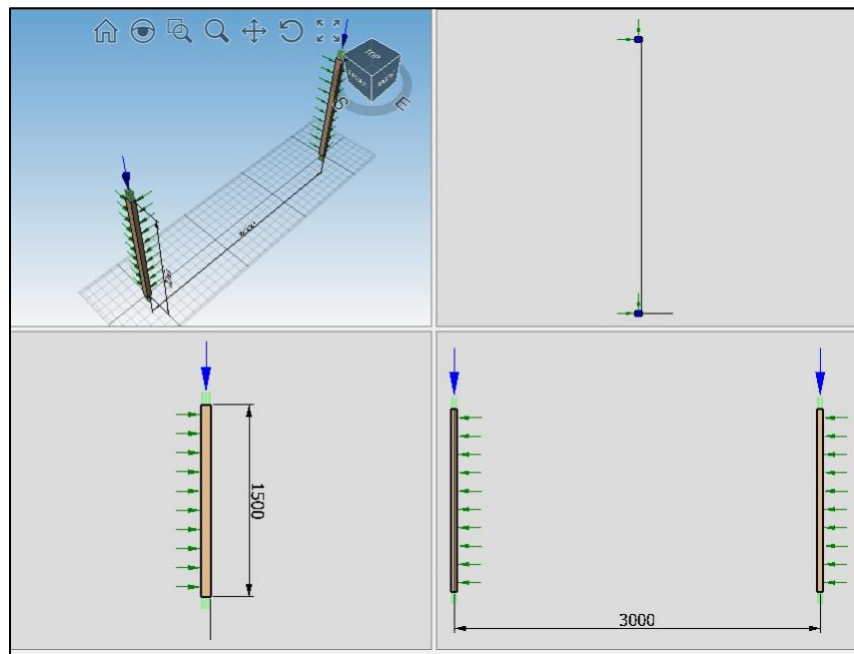


Ilustración 29 gráfico columnas; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

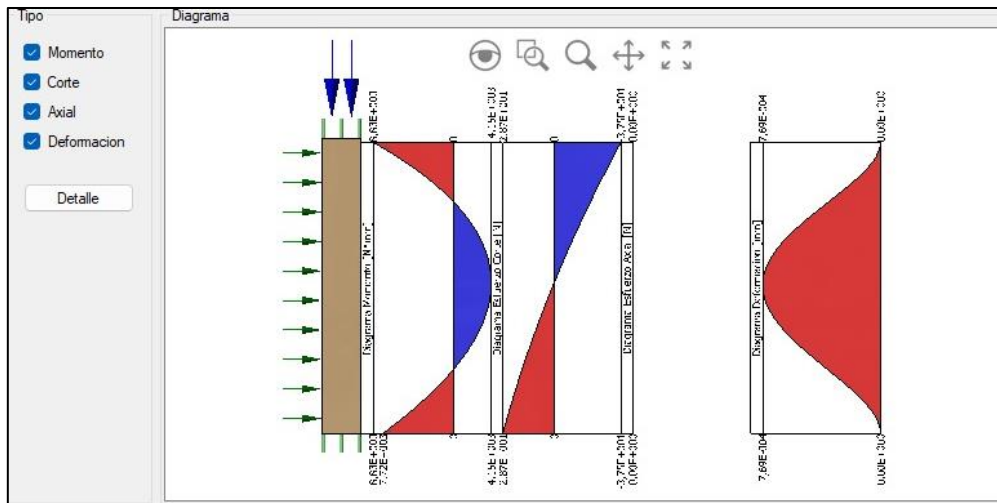


Ilustración 30 diagrama momento, corte, axial y deformación; Fuente: (Silva & Valencia, 2023)

Este proceso se debe volver a realizar con la columna de 2280mm, con 2 columnas y un espaciamiento de 6000 mm

Las uniones que se requieren para fijar las vigas y columnas, teniendo en cuenta las especificaciones:

22. PT-EM

Pletina bicromatada para empotrar

Propiedades

A

Acero

B

Recubrimiento bicromatado

Materiales base

Madera maciza, madera compuesta o madera laminada

Datos

Código	Dimensiones [mm]			Fijaciones	
	A	B	Espesor	Nº Orificios	Ø Orificios [mm]
PTM18040	190	40	2	6	Ø4,7

Aplicaciones

Material de soporte:

- Fijación madera-madera

Campo de aplicación:

- Uniones pilar-viga, uniones planas entre dos elementos, refuerzo de uniones...

Fijaciones

Material base madera:

- Puntas anilladas, Ø4 x 50 VMPF050
- Tirafondos, TEX Ø4,5

Ilustración 31 pletina Bbicromatada; Fuente: (INDEX, 2017)

Esta pletina va a estar en las uniones de las vigas V-T2 en el pórtico central ya que cuenta con una longitud de 3m.

27. AP-AT

Soporte en U para atornillar

Propiedades

A

Acero

G

Recubrimiento Galvanizado Z-275

Materiales base

Datos

Código	Dimensiones [mm]					Fijaciones			
	A	B	C	D	Espesor	Nº Orificios	Ø Orificios [mm]	Nº Orificios	Ø Orificios [mm]
APAT071	60	200	71	50	4	2	Ø10,5	4	Ø10,5
APAT091	60	200	91	50	4	2	Ø10,5	4	Ø10,5
APAT101	58	200	101	48	4	2	Ø10,5	4	Ø10,5

Aplicaciones

Material de soporte:

- Fijación madera-madera, madera-hormigón

Campo de aplicación:

- Unión pilares de porches, empalizadas, estructuras de jardín...

Fijaciones

Material base madera:

- Tirafondos, TEX Ø10
- Pernos métrica M10

Material base hormigón:

- Anclaje mecánico, MTH o MTP, métrica M10
- Anclaje químico, MOPOSE o MOEPSE + esparrago roscado métrica 10, EQAC10130

Ilustración 32 soporte en U; Fuente: (INDEX, 2017)

Este tipo de soporte estará en las uniones de las vigas V-T2 o V-T1 con las vigas V-T3.

25. PT-ET

Pletina de ensamble en T

Propiedades

Materiales base

Madera maciza, madera compuesta o madera laminada

Datos

Código	Dimensiones [mm]				Fijaciones	
	A	B	C	Espesor	Nº Orificios	Ø Orificios [mm]
PTET169845	160	98	45	2,5	4 / 20	Ø11 / Ø4,6

Aplicaciones

Material de soporte:

- Fijación madera-madera

Campo de aplicación:

- Refuerzo de uniones, uniones pilar-viga, refuerzo contramarcos, ventanas, puertas...

Fijaciones

Material base madera:

- Puntas anilladas, Ø4 x 50 VMPP050
- Tirafondos, TEX Ø4,5

Ilustración 33 pletina ensamble en T; Fuente: (INDEX, 2017)

Esta pletina estará en la unión de las columnas con las vigas para dar estabilidad a la estructura.

Cabe resaltar que estos tipos de uniones se pueden adquirir en almacenes certificados, como Home Center, o en depósitos de materiales de construcción.

Terminando este procedimiento se deben volver a realizar los cálculos de Volumen de oferta de agua y demanda para verificar que cumpla con las necesidades del lugar.

Debajo de la casa adicional, ira un tanque que estará soportado por ladrillo, donde el mismo conectará con el bebedero para el ganado, que tendrá una llave para abrir y cerrar dependiendo de las necesidades como se muestra en la ilustración 69.

Para sostener la tubería que va del techo se colocaran soporte tipo cuelga para tubería como el que se muestra en la ilustración 99:



Ilustración 34 soporte tipo cuelga para tubería; Fuente: (Galco, 2023)

A continuación, se muestra el diagrama de flujo en el cual se muestra el paso a paso para lograr el objetivo final.

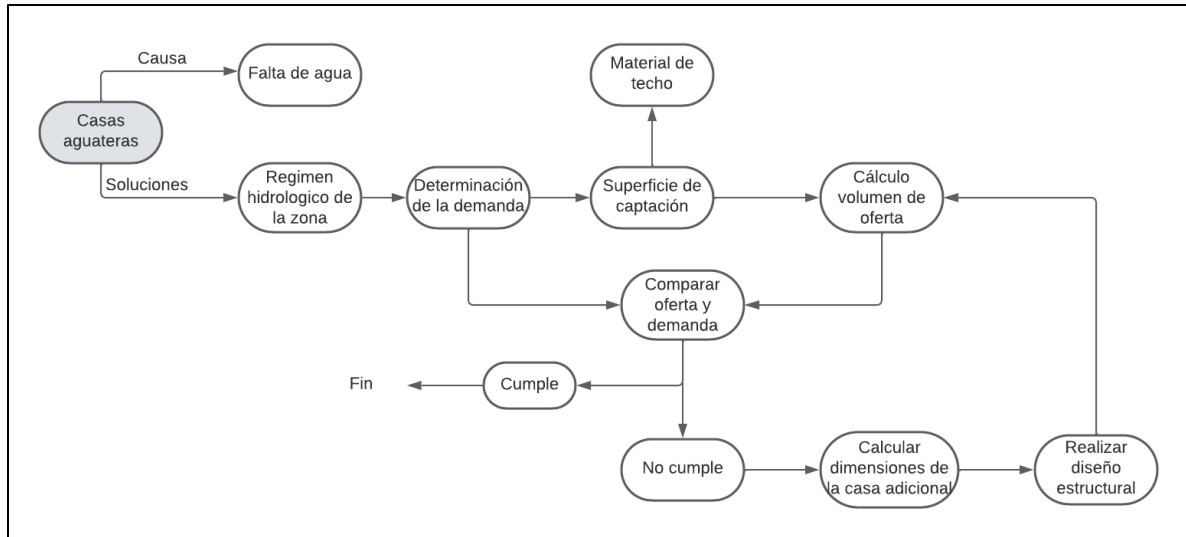


Ilustración 35 Ingeniería conceptual

3. Aplicabilidad

Para su aplicabilidad el tejado se convierte en la captación, la cual se puede almacenar en un depósito o desviarse a un sistema de carga artificial; este método es menos costoso y eficaz, ayudando a aumentar el nivel de aguas subterráneas en la zona.

El sistema de recogida de aguas lluvias consiste principalmente en el área de captación, el agua pluvial del tejado se recoge y almacena para su uso directo o recarga el nivel de aguas subterráneas.

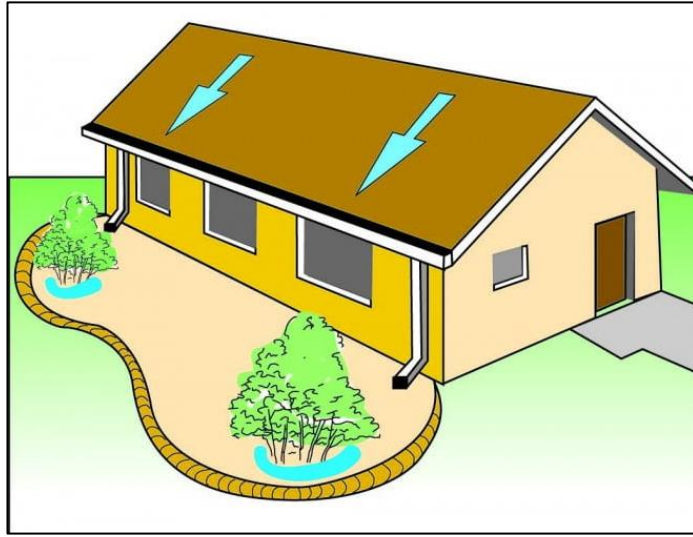


Ilustración 36 sistema simple de captación; Fuente: (Arkiplus; 2020)

4. Ventajas y desventajas

Como ventajas de las casas aguateras se encuentra el fácil mantenimiento gracias a que la recogida de agua lluvia tiene una tecnología sencilla y el costo total de la instalación y la operación es mucho menor que el de otros sistemas, aparte de esto tienen un suministro de agua independiente y el agua es apta no solo para el riego, sino que también que, para la ganadería, ayudando a disminuir el impacto sobre el medio ambiente al reducir el uso de máquinas a base de combustible.

Se reduce la demanda del agua subterránea, ayudando a que las mismas no se agoten tan rápido, por lo que es una buena opción para el tiempo de sequía ya que se puede recolectar agua en los meses anteriores.

Por otro lado, las precipitaciones son difíciles de predecir, limitando a su vez el suministro de agua y el costo inicial es alto dependiendo de la tecnología que se vaya a utilizar y su mantenimiento debe ser periódico, ya que son propensos a roedores, mosquitos, crecimiento de algas, insectos entre otros.

5. Costos si aplica:

Teniendo en cuenta las dimensiones del proyecto se determina lo siguiente:

Los siguientes son los costos unitarios, para la modificación del tejado.

Descripción	Unidad	Costos (COP)	Cantidad	Total
Tubería 1/2"	UND	\$ 10.300	2	\$ 20.600
Tanque 10 m3	UND	\$ 8.794.900	1	\$ 8.794.900
Canaleta pluvial	UND	\$ 89.900	26	\$ 2.337.400
Bebedero animales	UND	\$ 146.000	1	\$ 146.000
Válvula	UND	\$ 27.900	2	\$ 55.800
TOTAL				\$ 11.354.700

Tabla 8 Costos

Por el contrario, si se debe realizar una casa adicional se deben usar los siguientes costos unitarios, junto con los propuestos en la tabla 31.

Descripción	Unidad	Costos COP
Madera aserrada	UND	\$ 39.900
Ladrillo	UND	\$ 900
Teja	UND	\$ 71.500
Perfil	UND	\$ 99.900

Tabla 9 Costo Casa Adicional

Autor: Nathalie Valencia Velandia

ANEXO 3: ZANJA DE INFILTRACIÓN

1. Descripción general

En la población en estudio, que está ubicada en la vereda Espigas del municipio de Sesquilé, Algunas familias presentan problemas de contaminación en los reservorios a causa del material de arrastre producido por el ganado y procesos erosivos en la parte superior, ya que cuando el agua baja por escorrentía de la montaña va arrastrando dicho material hasta terminar almacenado en los reservorios.

2. Modelo de solución

Para disminuir dicha situación, se propone implementar una zanja de infiltración con el fin de filtrar el agua con la ayuda de grava de diferentes tamaños y después depositarla en el reservorio esperando tener una mejor calidad del agua. Una zanja de infiltración se define como excavaciones que se realizan en el terreno en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen para detener la escorrentía de las lluvias y almacenar agua para poblaciones rurales.

Para su realización es necesario contar con grava de 19 a 38 mm, tubo PVC de 75 mm mínimo con pequeñas perforaciones, capa de geotextil, relleno sin apisonar y sobre relleno.

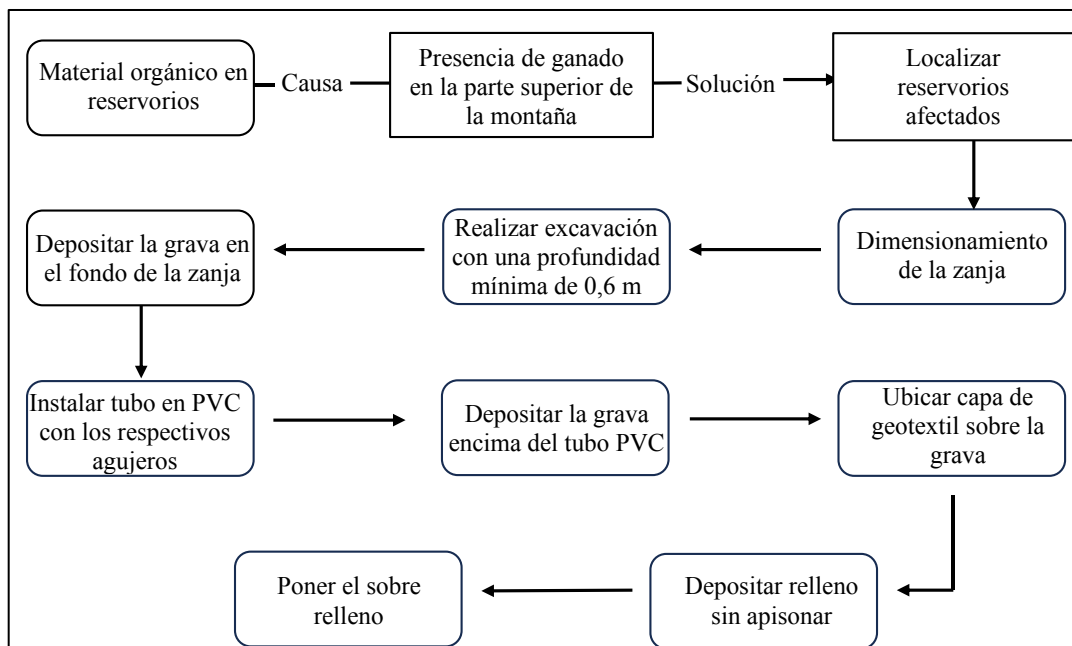


Ilustración 1 Realización de la zanja. Fuente. Gamboa, 2023.

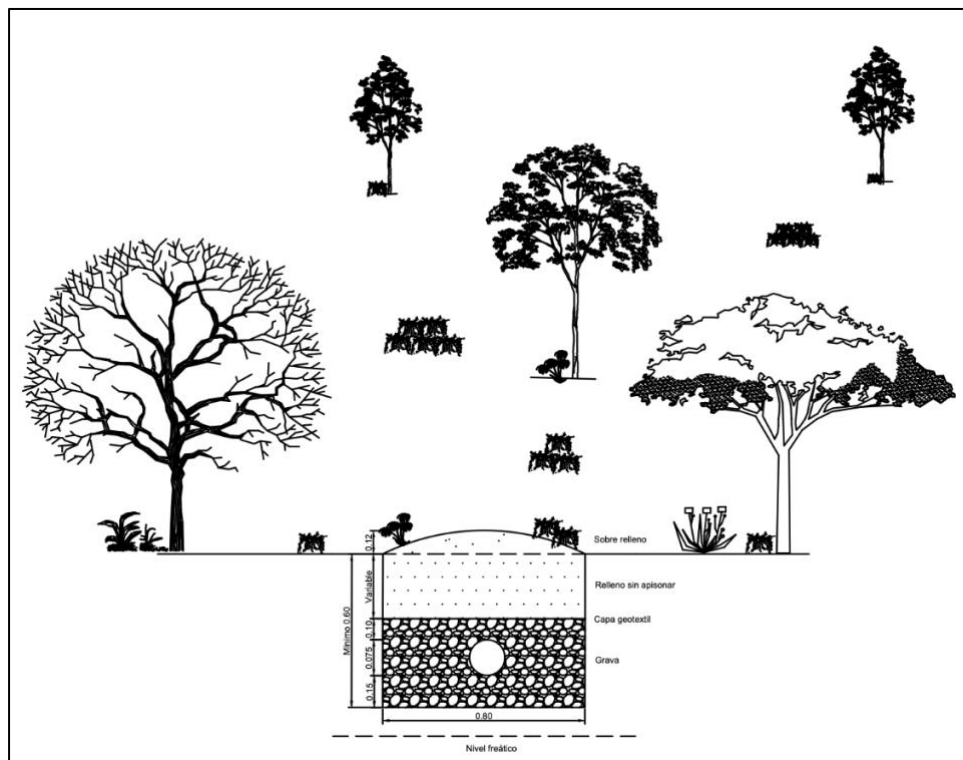


Ilustración 2 Zanja de infiltración. Fuente. Gamboa, 2023.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que con cada tormenta de lluvia las zanjias de infiltración se llenan con tierra y restos de plantas. Por eso, se debe realizar el mantenimiento de la zanja de infiltración para asegurar su buen funcionamiento. La zanja se limpia sacando la lama acumulada y esta se lleva nuevamente a los terrenos, de esta manera se aprovecha la lama.

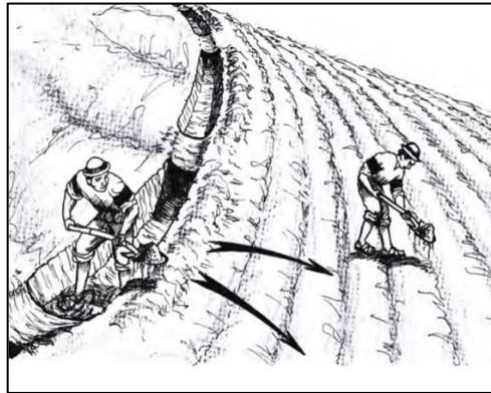


Ilustración 3 Mantenimiento zanja de infiltración. Fuente. Cartilla de capacitación JALDA.

También se recomienda que en lo posible se evite que los animales entren en las zanjias de infiltración, porque pueden derrumbar los costados de las zanjias, y comer los pastos que protegen los camellones.



Ilustración 4 Daño en la zanja por animales. Fuente. Cartilla de capacitación JALDA

3. Aplicabilidad

Para la realización de la zanja de infiltración se debe iniciar por la excavación manual de 0,6 m de profundidad, 4 m de largo y 0,8 m de ancho. Una vez esté hecha la excavación, se procede a depositar la grava y a instalar el tubo PVC para continuar depositando los demás materiales hasta colocar el sobre relleno como se muestra en la Figura 4.

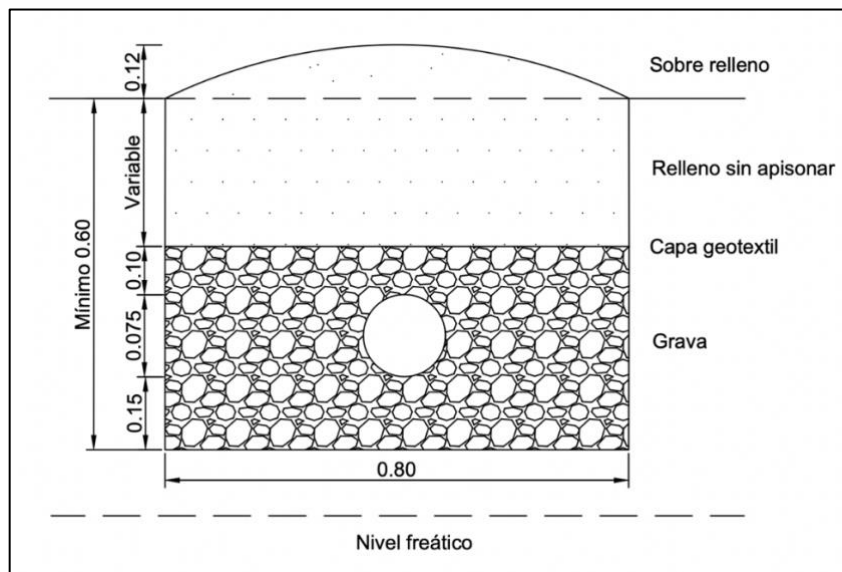


Ilustración 5 Zanja de infiltración sección transversal. Fuente. Gamboa, 2023.

Para dicha excavación se debe tener en cuenta que no puede haber árboles a menos de 3 m, sin embargo, al ser zona protegida por ser reserva forestal, se recomienda la realización de la zanja metros arriba del reservorio como se observa en la siguiente vista en planta.

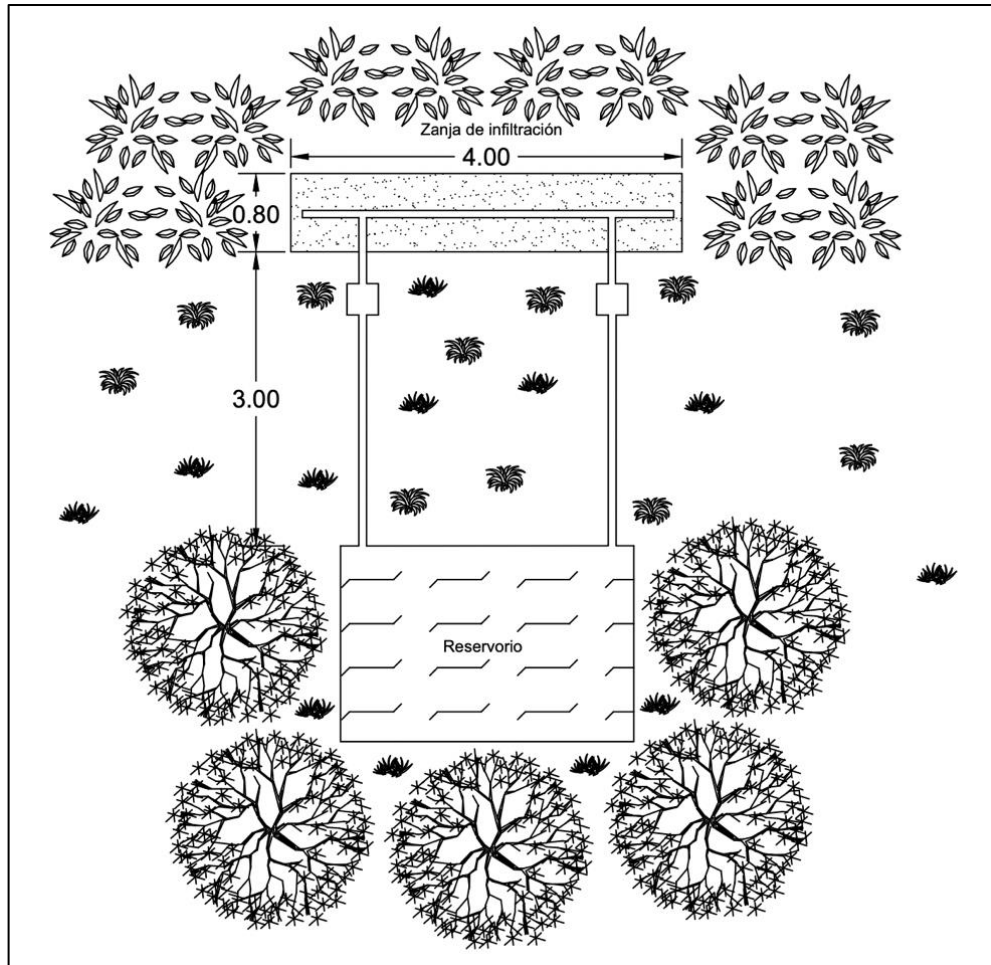


Ilustración 6 Zanja de infiltración vista en planta. Fuente. Gamboa, 2023

Cálculo del caudal

El siguiente cálculo se presenta como ejemplo de la Familia Cortés, para futuros diseños de zanjas de infiltración:

Para que la zanja de infiltración tenga un buen funcionamiento, es necesario conocer el caudal que va desde la cuenca hasta el reservorio, y de esta manera saber cuánta agua va a pasar por el drenaje. Para calcular el

caudal que recibe el reservorio se utilizó el método SCS y se obtuvo un caudal de 0,03 m3/s como se presenta a continuación:

Datos iniciales:

Área de la cuenca, km 2	0,0316		
Altura máxima, m	2947		
Altura mínima, m	2883		
Longitud del cauce principal, (m)	195,209	0,195209	km
Coberturas vegetales	CN	área, km 2	tipo cobertura
	73	0,02	bosque
	74	0,02	pasto

Tabla 1. Datos iniciales. Fuente. Gamboa, 2023.

A partir de los datos anteriores se calcularon los siguientes resultados:

CN ponderado	73,5		
Tiempo de concentración, Tc (hr)	0,03	1,8	minutos
Pendiente (%)	32,79	0,3	m/m
Desnivel (m)	64		
Fuente: IDF			
Tr, años	I (mm/h)	P (mm)	Pc (mm)
25	85	2,526	3,29
		S (mm)	Ia (mm)
		91,6	18,3

Tabla 2. Datos calculados. Fuente. Ivanova, 2023.

Las ecuaciones utilizadas fueron:

- CN PONDERADO

$$(CN\ bosque * A\ bosque) + (CN\ pasto * A\ pasto) \div \text{Área de cuenca}$$

- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN MINUTOS

$$TC=0,02*L0,77*S-0,385$$

- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN EN HORAS

[Ecuación]

- PENDIENTE (%)

$$P=100*Altura\ máx-Altura\ minL$$

- DESNIVEL (m)

$$Desnivel=Altura\ máx-Altura\ min$$

- INTENSIDAD (mm/h)

Se toma a partir de la curva IDF con un valor de 85 (mm/h).

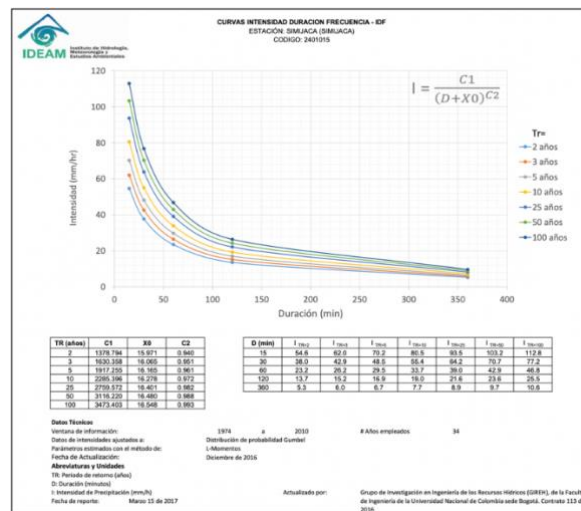


Figura 42. Curvas IDF estación Simijaca. Fuente. IDEAM, 2022.

- P (mm)

$$P = Tc * I$$

- Pe (mm)

$$Pe = (P - Ia) * 2P - Ia + S$$

- S (mm)

$$S = 25400 CN - 254$$

Teniendo estos datos, se continuó a realizar el hidrograma unitario triangular y fue necesario realizar los siguientes cálculos:

- Tiempo de retraso (h)

[Ecuación]

$$tr = 0,048$$

- Duración de exceso

$$de = 2 * Tc^{0,5}$$

$$de = 0,34$$

- *Tiempo pico (h)*

$$tp = de2 + tr$$

$$tp = 0,22$$

- *Tiempo base (h)*

$$tb = 83 * tp$$

$$tb = 0,59$$

- *Caudal unitario de la cuenca (m3/s)*

$$qb = 0,208 * Atp$$

$$qb = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

t (horas)	Qp (m3/s/mm)
0	0
0,2	0,03
0,6	0
t (horas)	Q pico, m3/s
0	0,00
0,2	0,10
0,6	0,00

Tabla 3. Tiempo y caudal. Fuente. Ivanova, 2023.

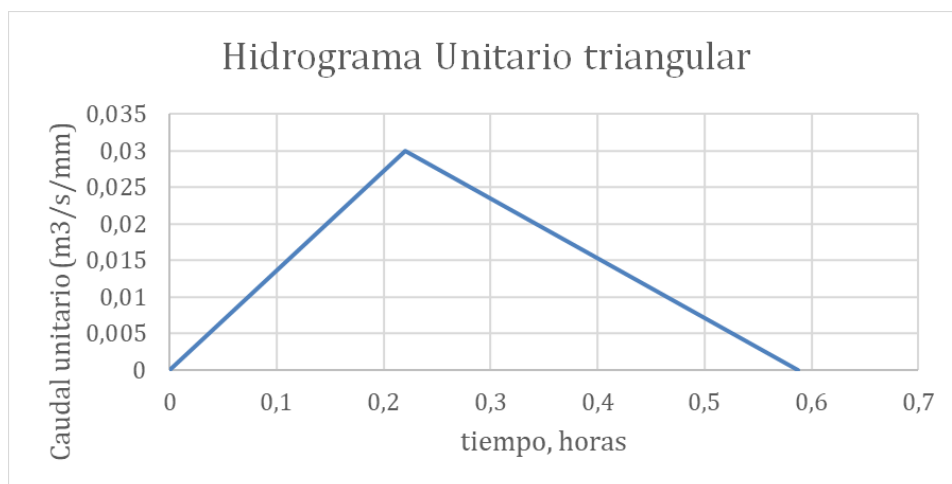


Gráfico 1. Hidrograma unitario triangular. Fuente. Ivanova, 2023.

Tamaño tubo PVC

Se recomienda que el tamaño de tubo para la zanja de infiltración sea de 4 pulgadas, ya que se considera que es un tamaño aceptable para recibir un caudal de $0,0000127 \text{ m}^3/\text{s}$ por parte de la cuenca. A continuación, se muestra la manera en que deben ir los orificios en dicho tubo, se aclara que el material debe ser de PVC.



Ilustración 12 Orificios en tubo PVC. Fuente. Vamos a construir, 2022.

Pendiente de tuberías

Se recomienda que la tubería siga la misma pendiente del terreno, ya que esta es apta para garantizar la conducción del agua a gravedad desde la zanja al reservorio, y del reservorio a la casa.

Cajas de inspección

Las cajas de inspección son cámaras que sirven para la limpieza, desinfección y la inspección del agua que va pasando. En caso de haber obstrucciones en la tubería, se pueden solucionar desde dicha caja. Tiene como función recoger toda el agua que salga desde la zanja y hacerla pasar hasta el reservorio, de esta manera es fácil conocer con qué calidad está llegando.

Los siguientes criterios normativos aplican para la construcción de cajas de inspección con sección interna de 0,60 m x 0,60 m y profundidad hasta a 1,00 m. El espesor de sus muros y losa de fondo debe ser de 0.10 m (ver figuras 1 y 2). También es posible construirlas con sección circular de diámetro interno igual a 0.60 m. Este tipo de caja se debe construir solo si la profundidad de la red es inferior a 1,00 m.

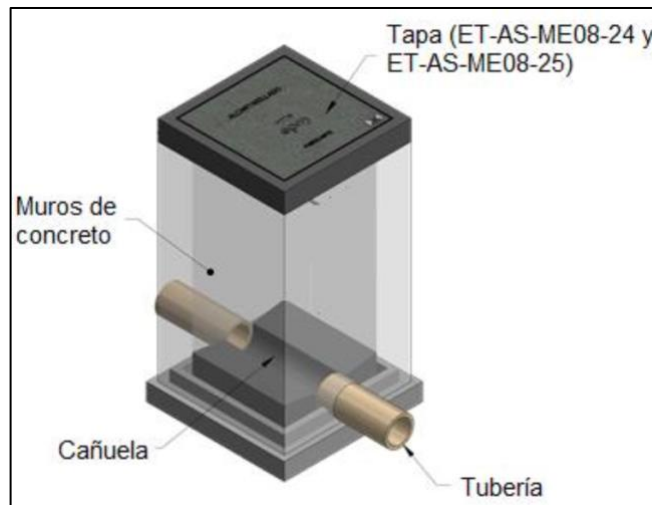


Ilustración 13 Caja de inspección. Fuente. EPM, 2019

El concreto que sea usado para la construcción de la caja debe tener una resistencia a la compresión de 28 Mpa. Adicional a esto, la losa de fondo y los muros deben tener una malla electrosoldada con varillas de diámetro 6 mm y una separación de 0,15 m para ambas direcciones, el recubrimiento de la malla debe ser mínimo de 0,05 m.

En el presente trabajo se proponen dos cajas de inspección entre la zanja de infiltración y el reservorio, para tener control sobre la calidad de agua que está llegando. A continuación, se explicará su construcción y aspectos relevantes.

En el fondo de la caja deben ir ubicadas las cañuelas, su forma debe ser semicircular, con pendiente uniforme y altura hasta medio tubo. Las cañuelas son definidas como “canales de transición de sección transversal semicircular que se construyen sobre la mesa o base de la cámaras y cajas de inspección

con el fin de dar continuidad al flujo entre las tuberías de entrada y de salida.”
(EPM, 2019).

Por otra parte, las superficies interiores de la caja se deben esmaltar con una pasta de cemento.

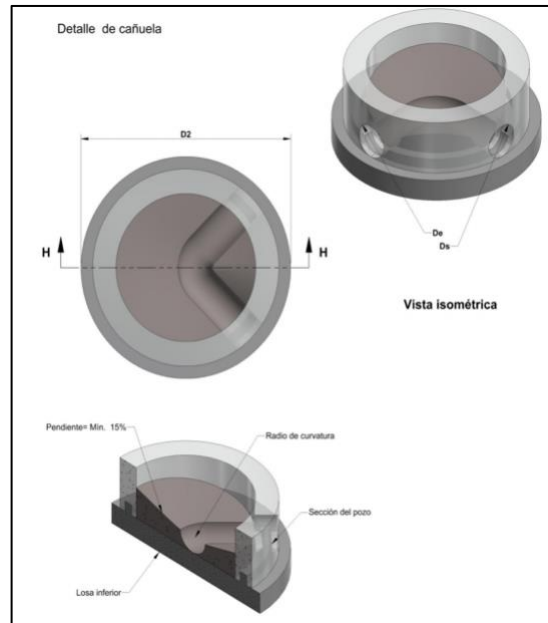


Ilustración 14 Detalle de cañuela. Fuente. EPM, 2017

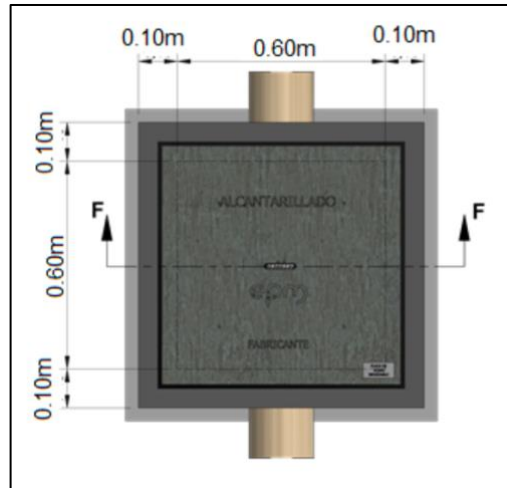


Ilustración 15 Caja de inspección – Vista en planta. Fuente. EPM, 2019.

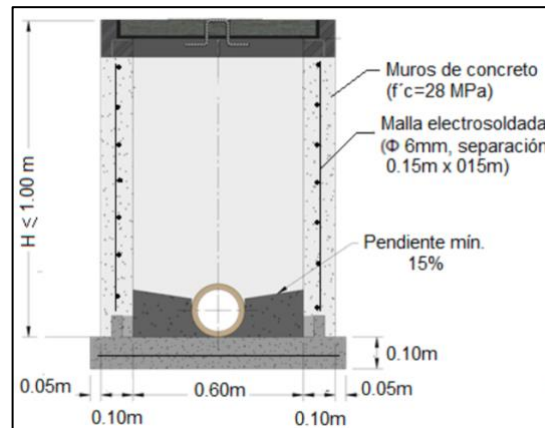


Ilustración 16 . Caja de inspección – Sección transversal. Fuente. EPM, 2019.

4. Ventajas y desventajas

Como ventajas de la instalación de la zanja de infiltración se tiene que es amigable con el entorno, es una solución sustentable, cuida el medio ambiente al prevenir la contaminación de mantos freáticos. Es hermético e higiénico y es construido en una sola pieza evita fugas, olores y agrietamientos.

Sus desventajas principales es que pueden constituir obstáculos al normal tránsito del ganado, por otra parte, si no se realiza la limpieza periódica del canal, puede provocar el desborde del agua almacenada y la formación de cárcavas laderas abajo.

5. Costos

A partir de los materiales nombrados y de los precios consultados, se presenta la siguiente tabla de costos:

DETALLE	UNIDAD	COSTO
Excavación manual (4 m x 0,8 m x 0,6 m)	m3	\$43.200
Excavación manual (3 m x 0,15 m x 0,6 m) x 2	m3	\$12.000
Grava entre 19 y 38 mm	m3	\$15.000
Capa geotextil (4 m x 0,8 m)	m2	\$25.000
Tubo PVC 4" (4m)	m	\$65.300
Tubo PVC 2" (3m)	m	\$22.500
Cañuelas x 2	UN	\$22.000
Concreto 28 Mpa x 50 kg	kg	\$52.000
Malla electrosoldada 6mm (0,6 x 1,0) x 4	m2	\$47.000
TOTAL		\$304.000

Tabla 1 Cotización insumos zanja infiltración. Fuente. Gamboa, 2023.

Autor: Alexandra Gamboa Caviedes

ANEXO 4: CONTROL DE HOJARASCA EN RESERVORIOS

1. Descripción general

La comunidad de la vereda Espigas ubicada en el municipio de Sesquilé, donde algunos de sus habitantes presentan interrupción del abastecimiento hídrico; debido a que estos no cuentan con un sistema de conducción protegido de diferentes factores (externos de la naturaleza) que afectan la calidad del agua como también la condición de vida de la comunidad. Por lo que al conocer las problemáticas que se están presentando es necesario tomar decisiones que ayuden a tener este recurso hídrico en óptimas condiciones para el uso diario en cada vivienda controlando la cantidad de hojas de los árboles que se encuentran alrededor de los reservorios generando una contaminación de materia orgánica en el agua y junto con demás residuos que genera la descomposición de esta.

2. Modelo de solución

Para mitigar esta problemática se plantean una posible solución, la cual es hacer un tipo de techo sobre los reservorios utilizando madera de eucalipto (se toma la decisión de utilizar este tipo de madera debido a que es la que se utiliza en la zona) para la creación de una estructura que va a soportar o sostener la malla protectora tipo polisombra que evitara la caída de hojas sobre la superficie de los reservorios es por lo que se toma en cuenta el siguiente procedimiento en las cuales se presentan dos opciones dependiendo de las dimensiones del reservorio:

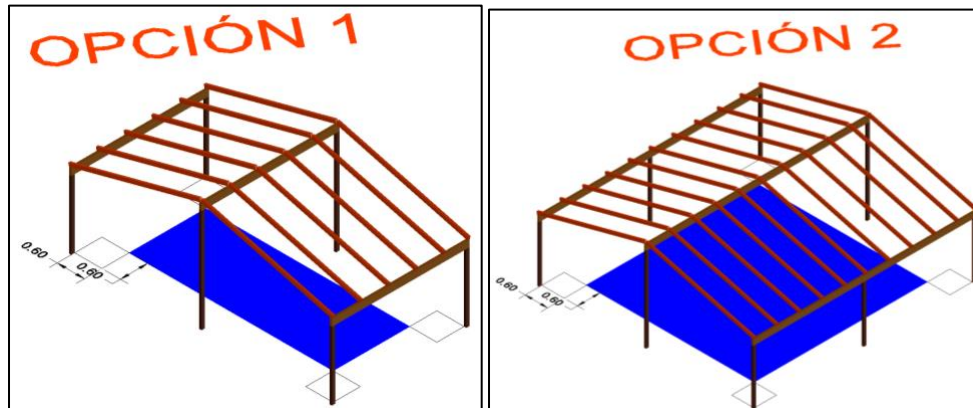


Ilustración 1 Diseño de las estructuras que protegerá el servicio Fuente: Silva & Valencia, 2023

Se conoce el tamaño del reservorio a intervenir, se define el tamaño que debe tener la malla; teniendo en cuenta la distancia a la que se deben enterrar las columnas es haciendo un cuadrado de $0.6\text{m} \times 0.6\text{m}$ desde cada una de las esquinas del reservorio hasta las columnas como se muestra en la ilustración 17.

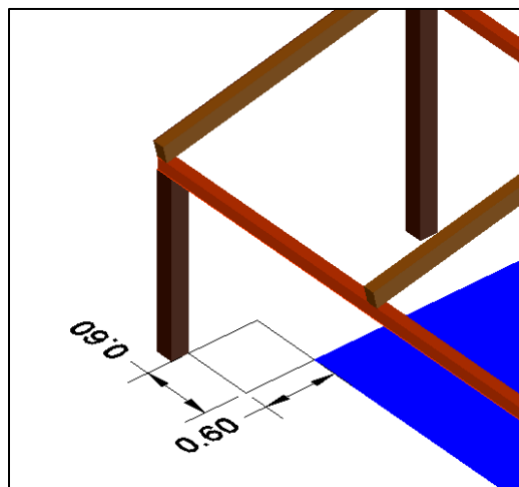


Ilustración 2 Distanciamiento desde la esquina del reservorio hasta las columnas que sostendrán la estructura. Fuente: Silva & Valencia, 2023

- Se selecciona el tipo de malla como lo es en este caso la polisombra al 80%.

MATERIAL	COSTO POR (Metro cuadrado)	DURABILIDAD (MESES)	DIMESIONES COMERCIALES	COSTO BENEFICIO (meses)
POLISOMBRA 80%	\$ 2,747.50	36	4 m Ancho y una longitud que va desde 1 m hasta 50 m	\$ 76.32
ROLLO TELA VERDE	\$ 2,528.57	6	2.1 m de ancho y una longitud que va desde 1 m hasta 50 m	\$ 421.43
PLASTICO PARA INVERNADERO	\$ 4,190.00	36	10 m de ancho y una longitud que va desde 1 m hasta 50 m	\$ 116.39

Tabla 1 Comparación de tres posibilidades de mallas que existen fuente: Imagen propia (Polisombra Negra, 2023) (Plástico para invernadero, 2023) (Rollo de tela verde, 2023)

Se toma la decisión de utilizar la polisombra por encima de los dos materiales que también fueron contemplados debido a que esta presenta una de las mayores durabilidades, además de presentar un costo mínimo con respecto a la durabilidad de estos; es decir se hace una evaluación de costo beneficio de los 3 productos como se puede observar en la tabla anterior.

- Se selecciona las dimensiones de las columnas y vigas que se utilizaran

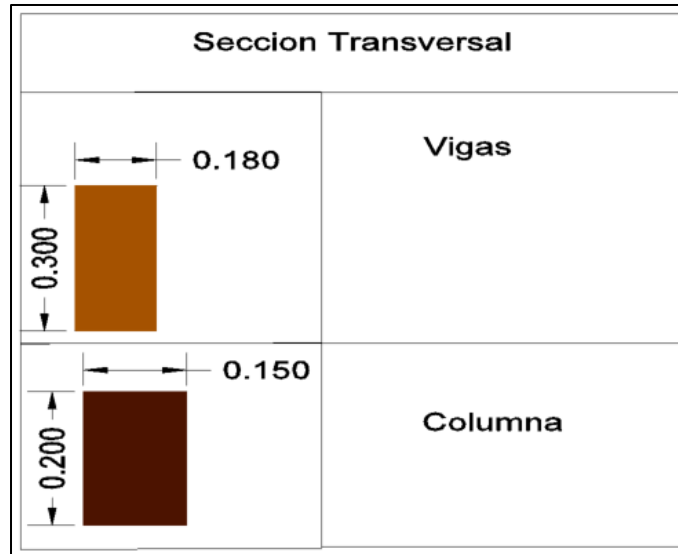


Ilustración 3 Dimensiones de vigas y columnas Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Como se muestra en la ilustración anterior se presentan las dimensiones de las columnas que es de 7.5 cm * 5 cm como mínimo y para vigas de 30 cm * 18 cm para que puedan soportar las cargas a las que estarán sometidas.

- Se prepara el terreno para la instalación de la malla, teniendo en cuenta que es necesario la limpieza de este; es decir quitando algún tipo de ramas o maleza que pueda interferir a la hora de la colocación del techo protector.
- Se realiza la instalación de la estructura sobre la cual va a estar colocada la polisombra. Adicionalmente es necesario conocer que la posilombra al 80% se consigue en el mercado con un ancho de 4 metros y la longitud necesaria para la protección completa del reservorio. Posteriormente, se toma la decisión de que la altura a la que se colocara la estructura del techo no superara el 1.50 metros en los pórticos laterales es debido a que se

pretende que la persona que vaya a hacer el mantenimiento tenga un fácil acceso a la parte superior de la estructura no le sea necesario utilizar escalera para alcanzar alturas mayores, mientras que en el pórtico central se tomara una altura de 2.28 metros, por último cada columna al momento de enterrarla se debe hacer un hueco con una profundidad mínima de 60 cm y no deberá superar los 90 cm de profundidad (Rural Perimetral S.R.L., 2023) en la cual se busca colocar las columnas, adicionalmente se realizara una cimentación en concreto ciclópeo para dar estabilidad a la estructura.

- Se instala la polisombra sujetándola a la estructura realizada, en cada uno de sus lados utilizando alambre calibre 14 galvanizado el cual se utilizará para la unión de la estructura con la polisombra haciendo una especie de tejido generando un buen agarre y una buena tensión sin excederse en la tensión que pueda generar un daño en la estructura de la malla.

- Es necesario e importante realizar periódicamente una revisión de la polisombra como mínimo cada quince (15) días y máximo cada mes, para poder detectar la acumulación de hojarasca y retirarla de manera oportuna, utilizando escobas las cuales cuenten con un palo que les permita alcanzar los desechos de los árboles que se encuentran en la mitad de la estructura para así evitar la obstrucción del agua y garantizar la calidad de esta.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente no será necesario utilizar ningún tipo de herramienta para llegar a lugares de una altura mayor.

Así mismo se procede a tener un paso a paso de cómo hacer la instalación de la estructura en la cual se expondrán las dos opciones analizadas para diseñar:

- Primero se presentará la tipología y los nombres que se le colocan a cada una de las vigas y columnas que se utilizaran para llevar a cabo la construcción de las estructuras.



Ilustración 4 Tipología o nomenclatura de las columnas y vigas Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Se hace un hueco con la profundidad de 60 cm en cada una de las esquinas donde irán las columnas C-T1 y en la mitad de estas se colocará la columna C-T2 haciendo el mismo procedimiento que se utiliza para las C-T1 creando una estructura como se muestra en la ilustración 21.

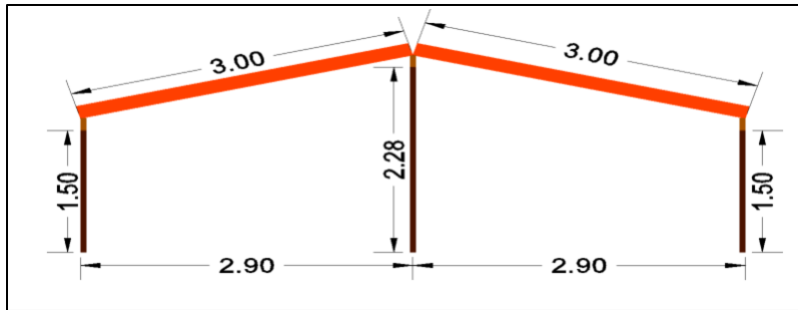


Ilustración 5 Pórtico con inclinación Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Para la elaboración de los pórticos laterales se presentan dos opciones que es dependiendo el tamaño del reservorio:

Opción 1: Esta se presenta cuando el reservorio no excede las dimensiones de ancho y largo de 1.8 m * 4.6 m, puesto que este se podría diseñar de la siguiente manera.

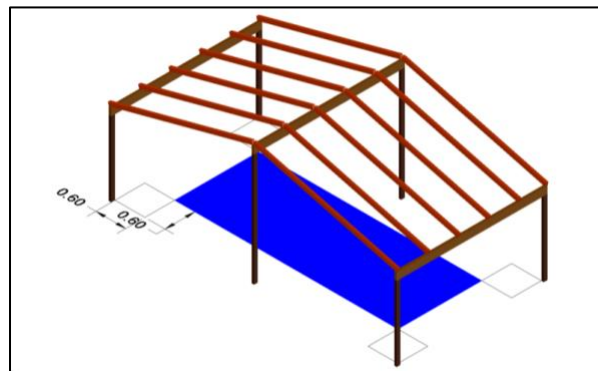


Ilustración 6 Estructura opción 1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

En esta opción se tiene en cuenta la ilustración 21 para la instalación de la estructura que llevara la pendiente necesaria para la instalación de la polisombra; posteriormente se presenta dos pórticos los cuales se utilizaran para sostener la estructura como se podrá evidenciar en la ilustración 22 y 23.

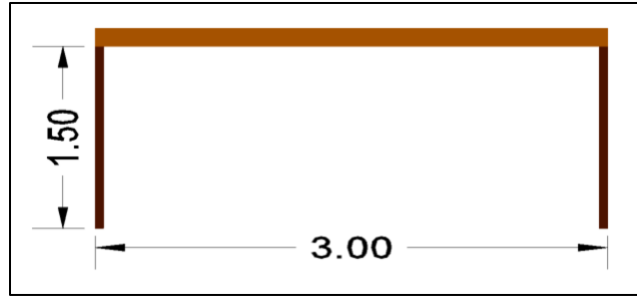


Ilustración 7 Pórtico lateral opción 1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

En los pórticos laterales se utilizarán dos (2) columna C-T1 las cuales soportaran la viga que se encuentra apoyada en sus extremos como se muestra en la ilustración 22 la cuales se encuentran a una separación de 3 metros, la viga que está apoyada es una V_T1. Esta tipología de los materiales se encuentra en la ilustración 20.

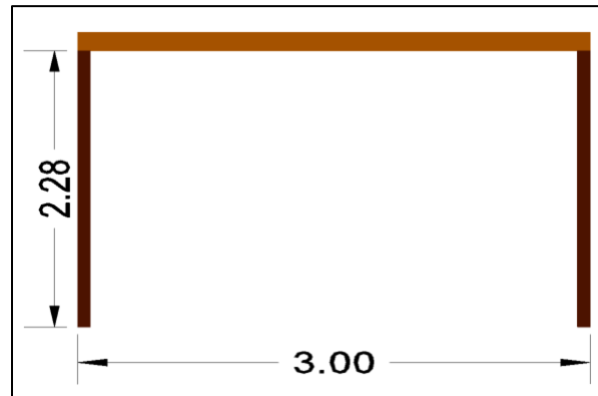


Ilustración 8 Pórtico central opción 1Ref. (Silva & Valencia, 2023)

En el pórtico laterales se utilizarán dos (2) columna C-T2 las cuales soportaran la viga que se encuentra apoyada en sus extremos como se muestra en la ilustración 8 la cuales se encuentran a una separación de 3 metros, la viga que está apoyada es una V_T1. Esta tipología de los materiales se encuentra en la ilustración 20.

Opción 2: Esta se presenta cuando el reservorio no excede las dimensiones de ancho y largo de 4.8 m * 4.6 m, puesto que este se podría diseñar de la siguiente manera.

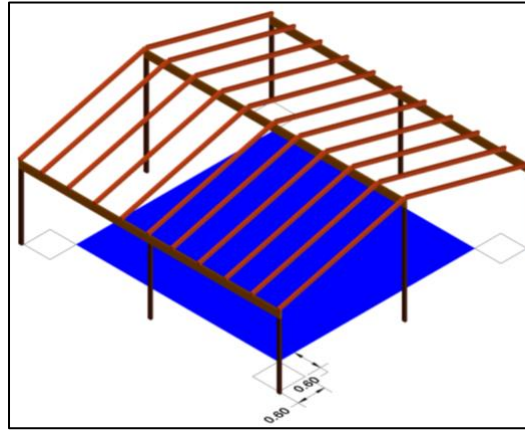


Ilustración 9 Estructura opción 2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

En esta opción se tiene en cuenta la ilustración 20 para la instalación de la estructura que llevara la pendiente necesaria para la instalación de la polisombra; posteriormente se presenta dos pórticos los cuales se utilizaran para sostener la estructura como se podrá evidenciar en la ilustración 25 y 26.

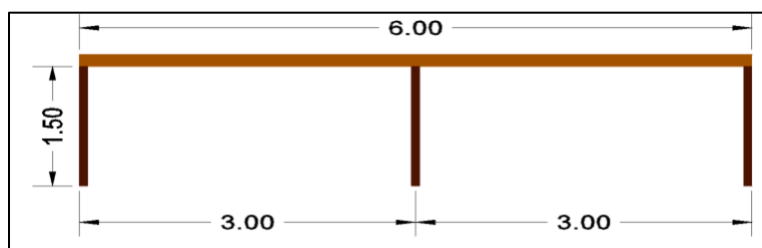


Ilustración 10 Pórtico lateral opción 2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

En los pórticos laterales, se emplearán tres (3) columnas de tipo C-T1 para brindar soporte a la viga, como se representa en la ilustración 26. Estas columnas están ubicadas a una distancia de 3 metros entre sí. La viga apoyada sobre estas columnas es de tipo

V-T2, y en su punto central, presenta una unión que se muestra en la ilustración 52. Puede encontrar información adicional sobre estos materiales y su disposición en la ilustración 20.

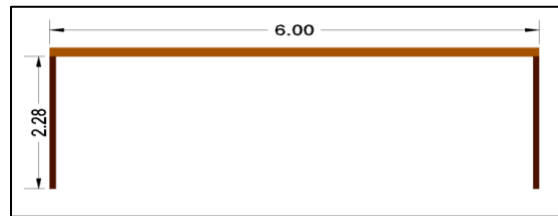


Ilustración 11 Pórtico central opción 2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

En el pórtico lateral se utilizarán dos (2) columnas C-T2, las cuales soportarán la viga que se encuentra apoyada en sus extremos, como se muestra en la ilustración 25. Estas columnas se encuentran a una separación de 6 metros. La viga que está apoyada es una V-T2, y en el centro de esta, se encuentra una unión, como se muestra en la ilustración 50. Esta tipología de los materiales se encuentra en la ilustración 20.

3. Recomendación:

Utilizar estas opciones las cuales se encuentran calculadas específicamente para estas dimensiones, si se toma la decisión de tener otras dimensiones en los reservorios y las estructuras se recomienda buscar un diseñador estructural con conocimientos en estructuras en madera para que se pueda llevar a cabo el diseño de la nueva estructura.

- Por último, se deben colocar unas vigas tipo V-T3 soportadas sobre las vigas V-T1 y V-T2 dependiendo de la opción que se tome, teniendo en cuenta que deben ir a una separación de aproximadamente 61 cm como se muestra en la ilustración 27.

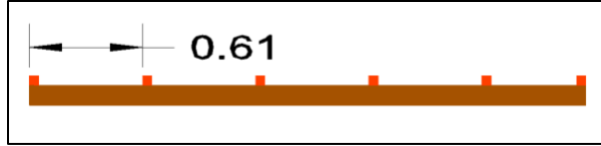


Ilustración 12 Separación de vigas V-T3 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Es necesario tener en cuenta que para cada una de las opciones que se presentan serán necesarias una cantidad de vigas; para el cálculo de este se procede a mostrar el cálculo de las cantidades.

- Opción 1:

$$Cantidad_{V-T3} = \frac{3m}{0.610m} + 1 \approx 5.91$$

$$Cantidad_{V-T3} = 6$$

Ecuación 5 Calculo cantidad de vigas opción 1 Ref. (Silva, 2023)

En esta parte se toma siempre el aproximado hacia arriba debido a que en algún caso da con decimales.

- Opción 2:

$$Cantidad_{V-T3} = \frac{6m}{0.610m} + 1 \approx 10.83$$

$$Cantidad_{V-T3} = 11$$

Ecuación 6 Calculo cantidad de vigas opción 2 Ref. (Silva, 2023)

En esta parte se toma siempre el aproximado hacia arriba debido a que en algún caso da con decimales.

- Por último, es importante recalcar que las uniones de las vigas V-T3 y las V-T2 o V-T1 son las que se muestran en la ilustración 51 mientras que las que se utilizan en las columnas con respecto a las vigas son las uniones que se muestran en la ilustración 52.

Teniendo en cuenta lo anterior se prosigue a usar el programa C + T compuesto, en el cual se debe tener en cuenta el tipo de madera que se va a utilizar en este caso es eucalipto que posee un contenido de humedad del 16%.



Ilustración 13 Logo programa C+T Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Ahora bien, se presentará el paso a paso para ingresar los datos al programa y así poder calcular las resistencias de cada uno de los elementos en madera que se van a utilizar para la estructura.

- *Se trabaja con madera maciza y se debe elegir Colombia como país y la NSR – 10.*

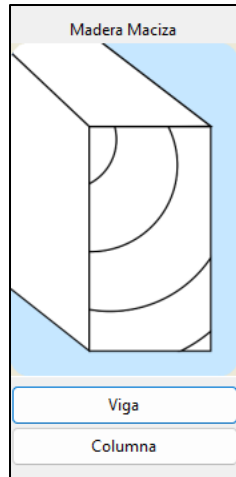


Ilustración 14 Viga Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- *Ahora bien, se debe iniciar con la viga, integrando los siguientes valores y dando ingresar.*

Viga

Parametros

País: Colombia

Especie: Eucalipto

Grado Estructural: ES

Contenido de Humedad: 16 %

Acabado: Aserrado Bruto

Tamaño de sección: 50mm x 75mm (2x3)

☒ especificar otra sección

b: 180 [mm] h: 300 [mm]

Tensiones Admisibles

Tension	Valor (MPa)
Flexion	17.7
Compresion Paralela	12.9
Traccion Paralela	13.3
Cizalle	1.9
Compresion Normal	2.7
Modulo de Elasticidad	13800

Diagrama

180 300

Calcular Tensiones Admisibles

Ingresar

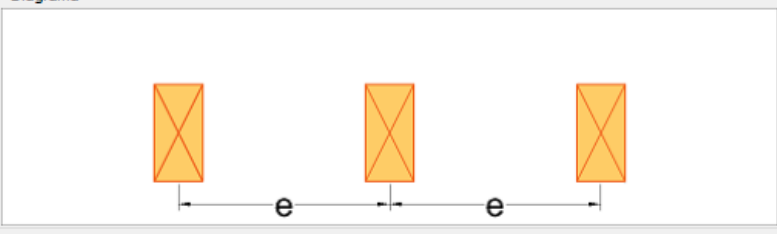
Ilustración 15 Sección diseño de vigas Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- *El espaciamiento es de 610 mm y se verifica el tamaño de la sección, se calculan las tensiones admisibles y se da ingresar.*

Espaciamiento y tipo de restricción

Espaciamiento (e) [mm]

Diagrama



Tipo de restricción al volcamiento

☒ Ninguno

☐ Continuo a lo largo de la viga, placa de espesor [mm]

☐ Cadenetas, crucetas o costaneras distanciadas a [mm]

Ilustración 16 Espaciamiento Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Tipo de apoyo

Configuración

☒ Apoyada ☐ Voladizo ☐ Empotrada

Apoyada

☒ continua - 1 tramo ☐ continua - 3 tramos

☐ continua - 2 tramos ☐ continua - 4 tramos

Tramos

☒ tramos iguales ☐ tramos distintos

tramo [mm]

tramo 1 [mm]

tramo 2 [mm]

tramo 3 [mm]

tramo 4 [mm]

Voladizo

☐ Empotrada

☐ Apoyada (Fijo+Movil) [mm]

Empotrada

☒ Bi-empotrada ☐ Empotrada-Apoyada (Movil)

Diagrama

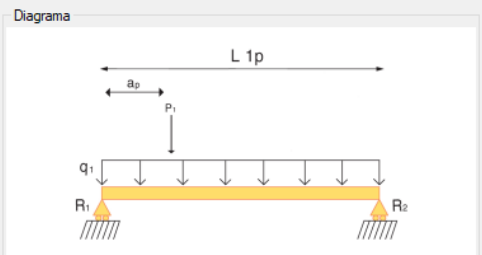


Ilustración 17 Tipo de apoyo Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Se van a colocar 5 vigas con una pendiente del 15%, siendo el largo de la viga de 3 m o 6 m dependiendo el caso.

- Para determinar la carga permanente se deben tener en cuenta los siguientes valores, para los tres casos que se van a tomar teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones:

Carga total = peso del techo + peso de la viga

Ecuación 1 Carga total

*q = carga total * separacion de vigas*

Ecuación 2 Carga uniformemente distribuida

$$M_{max} = \frac{q \left(\frac{N}{mm} \right) * (longitud\ de\ la\ viga)^2}{8}$$

Ecuación 3 Momento máximo de la sección

$$W_n = \frac{ancho\ viga * altura\ viga^2}{6}$$

Ecuación 4 Modulo de flexión de la sección transversal

$$F_{trabajo} = \frac{M_{max}}{W_n}$$

Ecuación 5 Tensión de trabajo

- Para una viga V-T3

Carga total	5,345	kg/m2		
q	3,212	kg/m	0,031502	N/mm
Mmax	35439,955	N.mm		
Wn	2700000	mm3		
Ftrabajo	0,0131	Mpa		

Tabla 2 Calculo viga V-T3 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Para una viga V-T2

Cargatotal	10,245	kg/m2		
q	6,157	kg/m2	0,060382	N/mm
Mmax	271717,3747	N.mm		
Wn	2700000	mm3		
Ftrabajo	0,1006	Mpa		

Tabla 3 Calculo viga V-T2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Para una viga V-T1

Carga total	10,245	kg/m2		
q	6,157245	kg/m2	0,060382	N/mm
Mmax	67929,34367	N.mm		
Wn	2700000	mm3		
Ftrabajo	0,025159	Mpa		

Tabla 4 Calculo viga V-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

○ Cargas permanentes

Cargas Permanentes

Cargas distribuidas
Cargas puntuales

Carga Distribuida 1 (q1)
0131
[N/mm2]

Carga Distribuida 2 (q2)
0,000
[kg/m2]

Carga Distribuida 3 (q3)
0,000
[kg/m2]

Carga Distribuida 4 (q4)
0,000
[kg/m2]

Diagrama

Diagrama de una viga simplemente apoyada con una carga distribuida q_1 y una carga puntual P_1 a una distancia a_p del apoyo izquierdo. La longitud total de la viga es L_{1p} .

Ingresar

Ilustración 18 Carga permanente Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Dada la naturaleza de la estructura y las características geográficas de su ubicación, únicamente se considera la carga generada por el viento como factor influyente en el diseño y análisis estructural.

Con el siguiente mapa se determina la posición de la población:

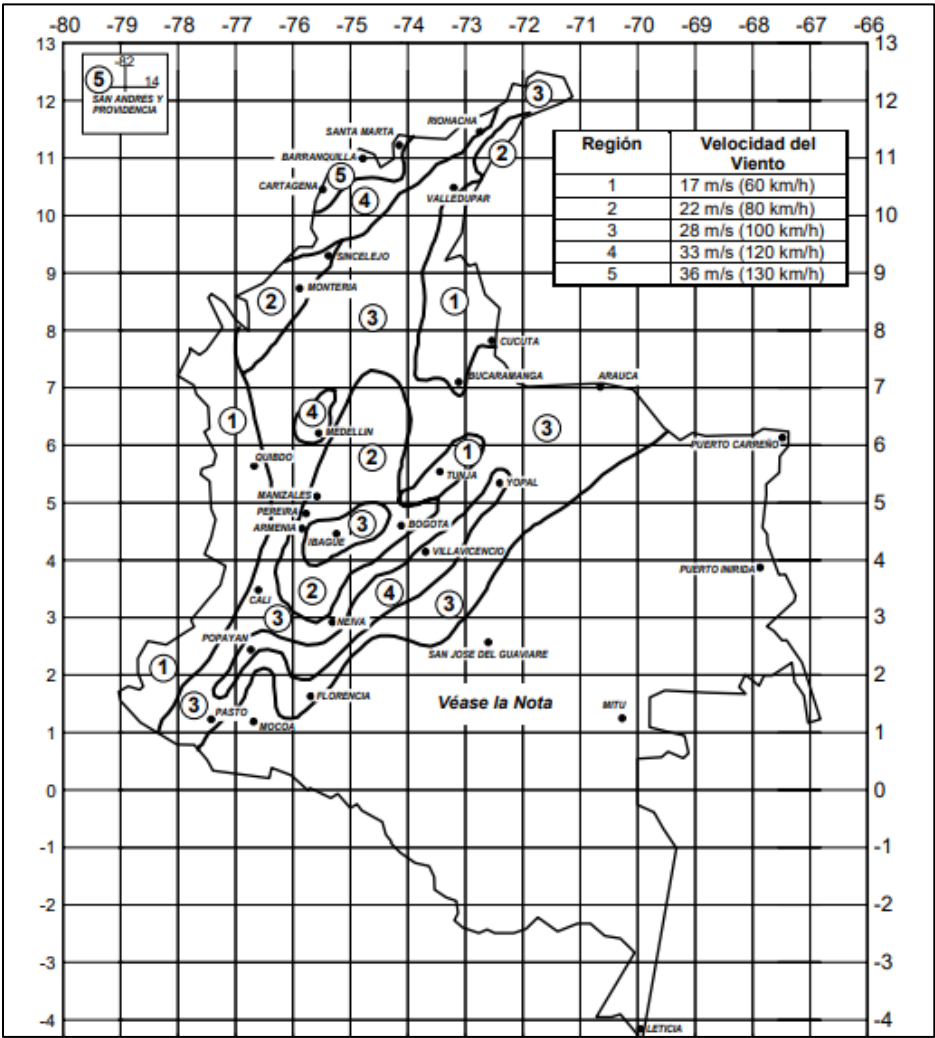


Ilustración 19 Velocidad Viento NSR-10 Ref. (NSR 10; Título B, 2010)

NSR-10 – Capítulo B.6 – Fuerzas de viento

Sistema Principal de Resistencia de Fuerzas de Viento – Método 1							h ≤ 18.0 m									
Figura B.6.4-2 (Continuación)			Presiones de Viento de Diseño							Muros y Cubiertas						
Edificios Cerrados																
Procedimiento Simplificado: Presión Básica de Viento, P_{s10} (kN/m ²)																
(Exposición B a una altura h = 10.0 m, $K_{zt} = 1.0$, con I = 1.0)																
Velocidad Básica de Viento m/s (km/h)	Angulo de Inclinación de la cubierta (grados)	Caso de Carga	Zonas													
			Presiones Horizontales				Presiones Verticales				Aleros					
			A	B	C	D	E	F	G	H	E_{OH}	G_{OH}				
17 (60)	0 a 5	1	0.11	-0.05	0.07	-0.03	-0.13	-0.07	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14				
	10	1	0.12	-0.05	0.08	-0.03	-0.13	-0.08	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14				
	15	1	0.13	-0.04	0.09	-0.02	-0.13	-0.08	-0.09	-0.06	-0.18	-0.14				
	20	1	0.15	-0.04	0.10	-0.02	-0.13	-0.09	-0.09	-0.07	-0.18	-0.14				
	25	1	0.13	0.02	0.10	0.02	-0.06	-0.08	-0.04	-0.06	-0.11	-0.09				
		2	----	----	----	----	-0.02	-0.04	-0.01	-0.03	----	----				
	30 a 45	1	0.12	0.08	0.09	0.06	0.01	-0.07	0.00	-0.06	-0.04	-0.05				
		2	0.12	0.08	0.09	0.06	0.05	-0.04	0.04	-0.03	-0.04	-0.05				

Ilustración 20 Sistema principal resistencia de fuerza de viento NSR-10 Ref. (NSR 10; Título B, 2010)

- Con la posición de la población se observa la siguiente tabla: Teniendo una carga de viento de $1\text{kn}/\text{m}^2$. Y se pone de la siguiente manera:

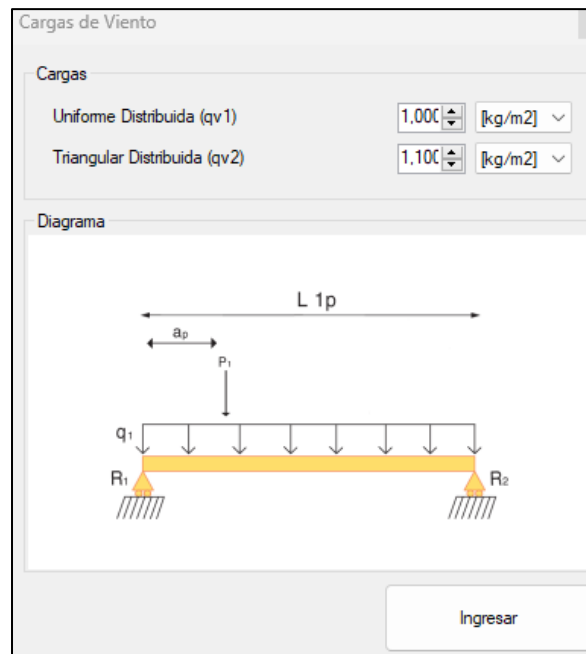


Ilustración 21 Cargas de viento Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Se procede a calcular mediante el programa, verificando que cada una de las condiciones cumplan para el diseño de la estructura en madera.

Viga				
Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en flexión [MPa]	14,02	3,43	24	Cumple
Tensión en cizalle [MPa]	1,56	0,34	22	Cumple
Tensión en compresión normal [MPa]	1,67	0,38	23	Cumple
Tensión en tracción paralela [MPa]	10,53	0,03	0	Cumple
Tensión en compresión paralela [MPa]	8,04	0,03	0	Cumple

Tabla 5 Resumen viga Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Viga				
Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	8,04	0,03	0	Cumple
Verificación interacción tracción-flexión	1	0,248	24,8	Cumple
Verificación interacción compresión-flexión	1	0,244	24,4	Cumple
Deformación total [mm]	7,5	5,066	68	Cumple
Deformación sobrecarga [mm]	8,333	0	0	Cumple

Tabla 6 Resumen viga Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Se saca el diagrama de momento, corte, deformación y axial.

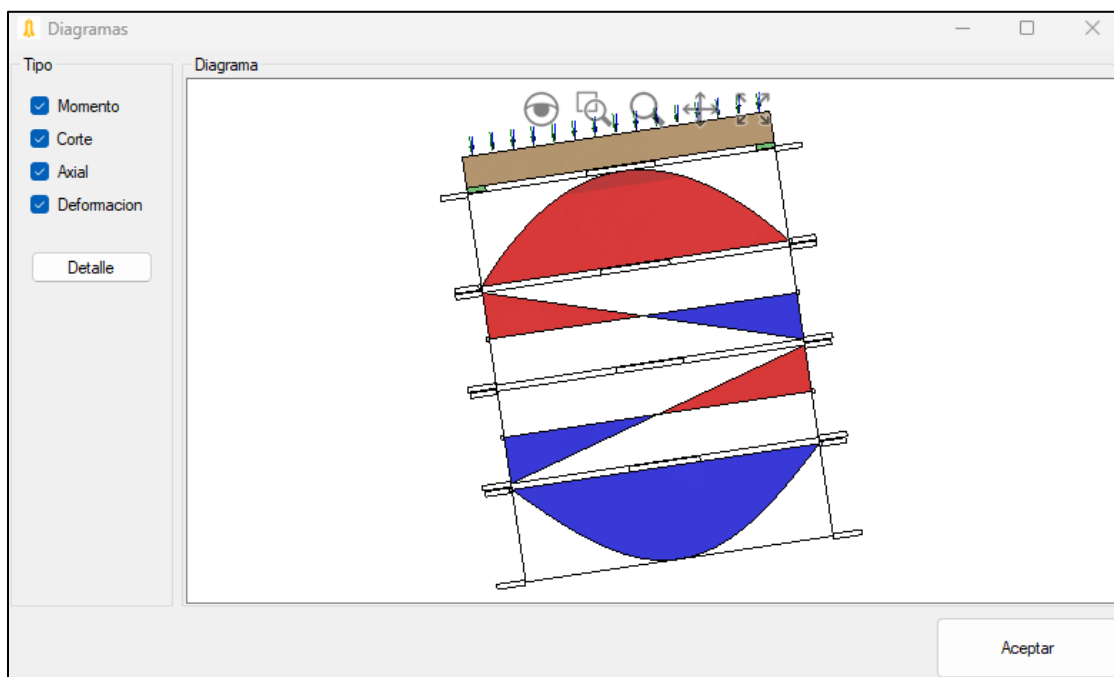


Ilustración 22 Diagrama de Momento, Cortante, Axial y Deformación Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Se observa la gráfica de las vigas.

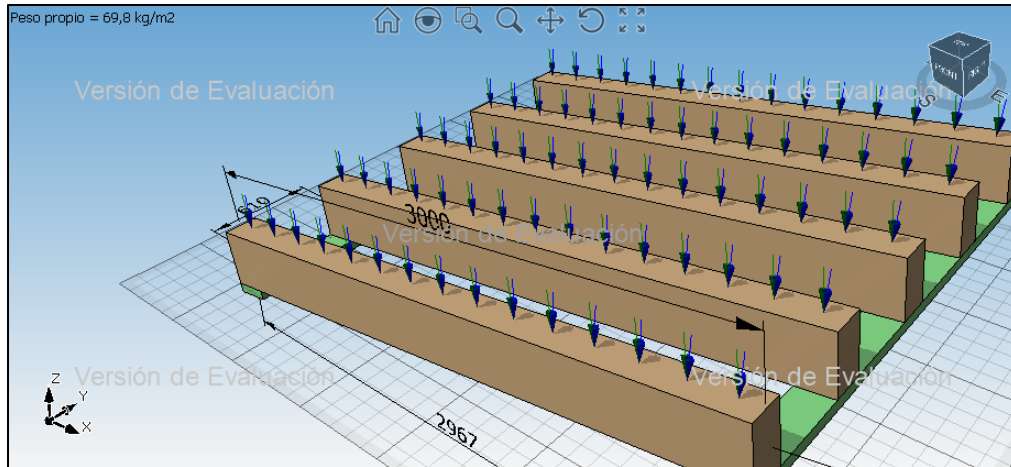


Ilustración 23 Grafica viga Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Se debe realizar el mismo procedimiento 3 veces, con los datos mencionados anteriormente.

Se procede a realizar el procedimiento anterior para las columnas como se muestra a continuación:

- Se verifican los siguientes datos, se calcula y se da ingresar:

Parametros

Pais

Colombia

Especie

Eucalipto

Grado Estructural

ES

Contenido de Humedad

16

%

Acabado

Aserrado Bruto

Tamaño de seccion

50mm x 75mm (2x3)

☒ especificar otra sección

b

150

[mm]

h

200

[mm]

Tensiones Admisibles

Tension	Valor (MPa)
Flexion	17.7
Compresion Paralela	12.9
Traccion Paralela	13.3
Cizalle	1.9
Compresion Normal	2.7
Modulo de Elasticidad	13800

Diagrama

The diagram shows a rectangular cross-section of a column. The width is labeled as 150 mm and the height is labeled as 200 mm. The rectangle is filled with a light orange color and has a black border. The dimensions are indicated with arrows and text.

Calcular Tensiones Admisibles

Ingresar

Ilustración 24 Parámetros columnas Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- La condición del apoyo para esta estructura es empotrada – empotrado.

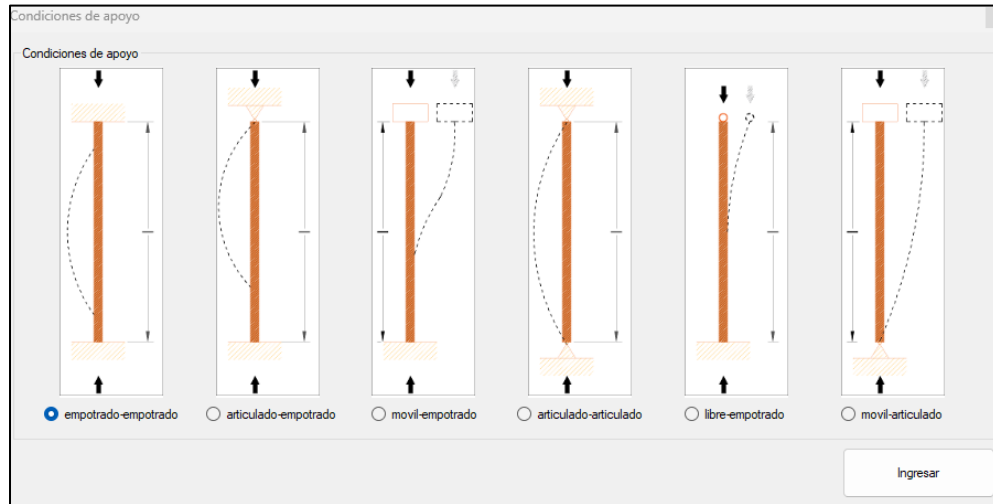


Ilustración 25 Condiciones de apoyo Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Se deben tener en cuenta las siguientes restricciones de pandeo:

Restricciones al pandeo

Restricción en torno al eje x-x

☒ sin restricción en todo el largo de la columna

☐ restricción continua en todo el largo de la columna

☐ restricción espaciada a [mm]

Restricción en torno al eje y-y

☒ sin restricción en todo el largo de la columna

☐ restricción continua en todo el largo de la columna

☐ restricción espaciada a [mm]

Ingresar

Ilustración 26 Restricciones de pandeo Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Se presentarán dos longitudes, las cargas de compresión y de viento de las columnas junto con las gráficas de momento, cortante, deformación y axial, teniendo en cuenta que se tienen dos tipos de columnas.

- **Columna C-T1**

Longitud:

Largo columna (la)	1500	[mm]
Número columnas	2	
Espaciamiento columnas	3000	[mm]

Ilustración 27 Datos de columna C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Es fundamental tener en cuenta que este cálculo se refiere a la longitud que va desde la base del terreno hasta la parte superior de la columna. Es importante mencionar que a esta longitud se le deben sumar los 60 cm que estarán enterrados bajo tierra.

Carga de compresión:

$$\text{Carga permanente} = \text{carga total viga} * \text{area del techo}$$

Ecuación 6 Carga permanente

carga permanente	92.21	kg
------------------	-------	----

Tabla 7 Carga permanente C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Carga de Compresion		
Carga Permanente	98.21	[kg]
Sobrecarga de techo	0.00	[kg]
Sobrecarga de piso	0.00	[kg]
Nieve	0.00	[kg]

Ilustración 28 Cargas de compresión C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Cargas de viento en los ejes x-x y-y:

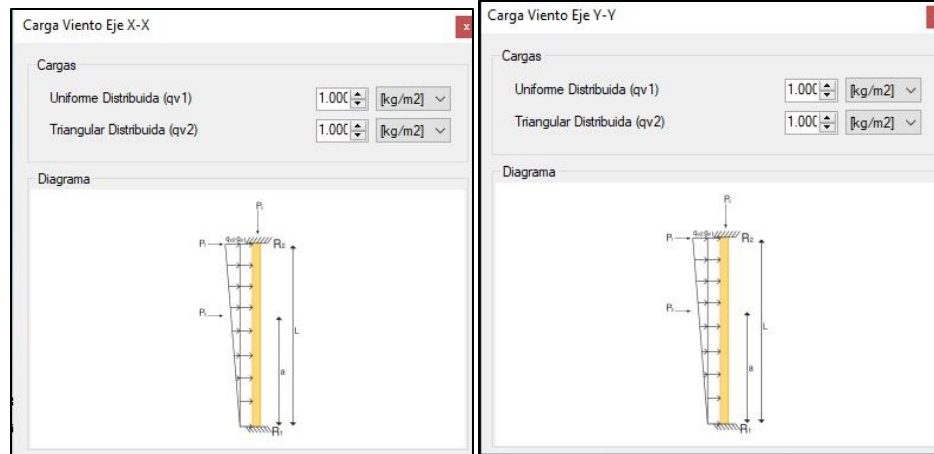


Ilustración 29 Cargas de viento en los ejes x-x y-y para C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Momento, cortante, deformación y axial:

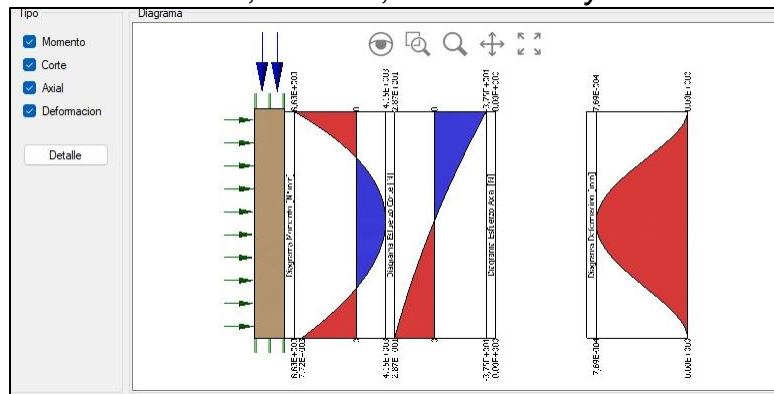


Ilustración 30 Momento, cortante, deformación y axial para C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Resumen columna:

Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	9,73	0,03	0	Cumple
Tensión en flexión x-x [MPa]	27,59	0,01	0	Cumple
Tensión en flexión y-y [MPa]	27,59	0,01	0	Cumple
Verificación interacción	1	0	0	Cumple

Tabla 8 Resumen columna C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- *Columna C-T2*

Longitud:

Largo columna (la)	2280	[mm]
Número columnas	2	
Espaciamiento columnas	6000	[mm]

Ilustración 31 Datos de columna C-T2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Es importante tener en cuenta que este cálculo se dé la longitud va desde la base del terreno hasta la parte superior de la columna, es importante especificar que a esta longitud se le debe sumar los 60 cm que estará enterrada la columna.

Carga de compresión:

carga permanente	184.41	kg
------------------	--------	----

Tabla 9 Carga permanente C-T2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Carga de Compresion		
Carga Permanente	184.4	[kg]
Sobrecarga de techo	0.00	[kg]
Sobrecarga de piso	0.00	[kg]
Nieve	0.00	[kg]

Ilustración 32 Cargas de compresión C-T2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Cargas de viento en los ejes x-x y-y:

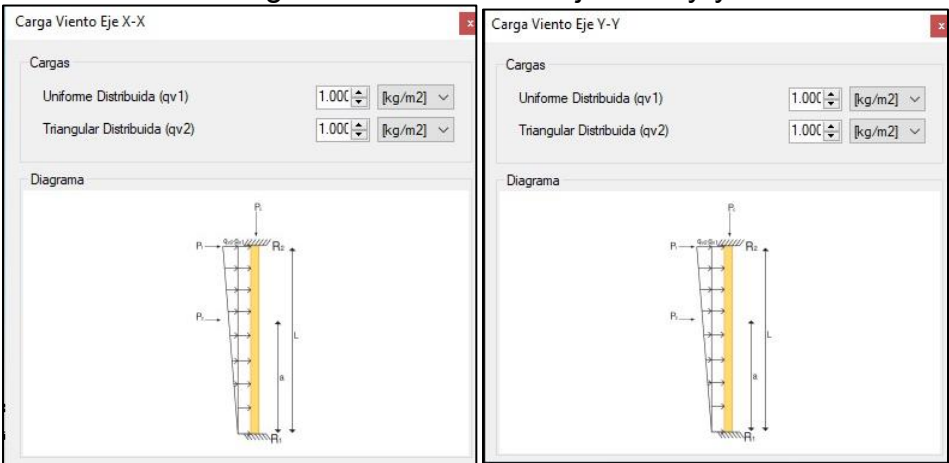


Ilustración 33 Cargas de viento en los ejes x-x y-y para C-T2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Momento, cortante, deformación y axial:

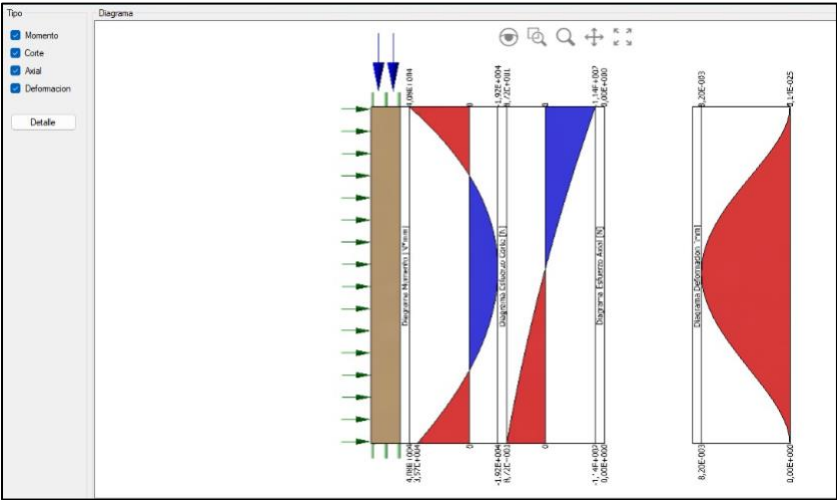


Ilustración 34 Momento, cortante, deformación y axial para C-T2 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

Resumen columna:

Resumen				
Propiedad	Valor de diseño	Valor de trabajo	Utilización (%)	Verificación
Tensión en compresión paralela [MPa]	9,41	326,89	3474	No cumple
Tensión en flexión x-x [MPa]	27,59	0,04	0	Cumple
Tensión en flexión y-y [MPa]	27,59	0,05	0	Cumple
Verificación interacción	1	1206,92	120692	No cumple

Tabla 35 Resumen columna C-T1 Ref. (Silva & Valencia, 2023)

- Ahora se presentarán las uniones a utilizar para fijar las vigas y columnas, teniendo en cuenta sus especificaciones:

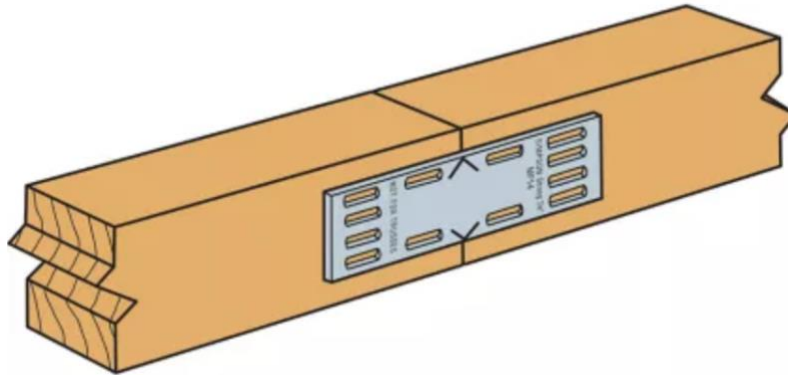


Ilustración 36 Plato dentado galvanizado Ref. (Plato dentado 1"*4", 2023)

Esta pletina se utilizará para unir las vigas que se denominaron V-T2 en el pórtico central debido a que esta cuenta solamente con una longitud de 3 m.

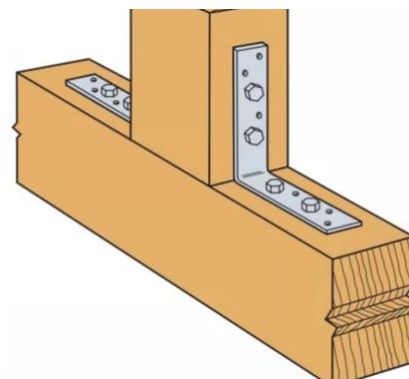


Ilustración 37 Angulo de refuerzo galvanizado Ref. (Angulo de refuerzo 6"*6", 2023)

Este soporte se utilizará para unir las vigas V-T2 o V-T1 con las V-T3.

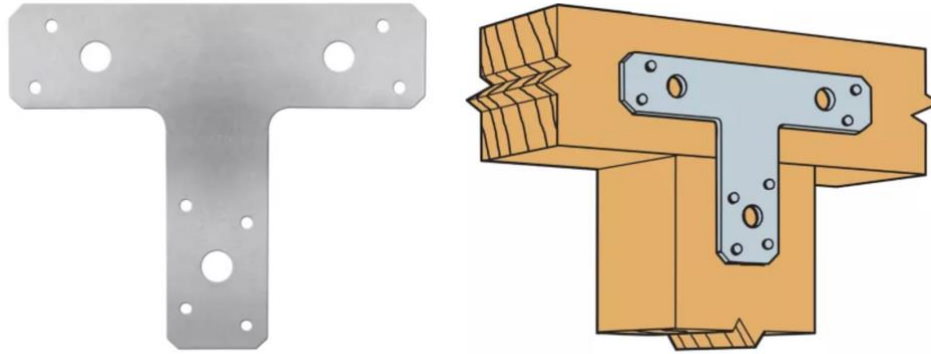


Ilustración 38 Pletina en T 6x6 Ref. (Pletina en T, 2023)

Esta pletina será utilizada para la unión de las columnas con respecto a las vigas para dar una fijación a la estructura.

Cabe resaltar que estos tipos de uniones se pueden adquirir en almacenes certificados, como Home Center, o en depósitos de materiales de construcción.

4. Aplicabilidad

Se pretende dar una solución a la problemática que está viviendo la población de la vereda Espigas del municipio de Sesquilé. Ellos están presentando escasez de agua en los tiempos secos. Adicionalmente, los reservorios con que cuentan presentan contaminación debido a la gran cantidad de hojas y ramas que les caen diariamente de los árboles que están alrededor de estos.

Es por ello que se toma la decisión de hacer una ficha técnica en la cual se pueda mostrar y expresar de la mejor forma el paso a paso de cómo se puede dar solución a

esta problemática. Se plantea un diseño de una estructura en madera y, adicionalmente, se propone colocar un polisombra sobre esta para evitar la caída de desechos de los árboles que se tienen.

5. Ventajas y desventajas.

- Ventajas:

1. La polisombra es rentable y de fácil instalación la cual ayuda a controlar la acumulación de hojas en los reservorios.
2. La polisombra protege el agua de la contaminación por hojas, el cual mejora la calidad del agua que se va a consumir.
3. Si se reduce la cantidad de hojas en el agua tiende a reducir el riesgo de la obstrucción de la tubería y así mismo se reduce el costo del mantenimiento.

- Desventajas:

1. La polisombra puede requerir limpieza regular para evitar la acumulación de hojas en la parte superior.
2. Si no se selecciona una polisombra de buena calidad es decir teniendo en cuenta la durabilidad que ofrece junto con la forma en la que fue elabora, teniendo en cuenta que se ofrecen en mercado con un porcentaje de cobertura que van desde el 35% hasta 80%; teniendo en cuenta que entre mayor porcentaje va a tener una mayor retención de solidos que provienen de las plantas. Además, si no se realizan sus

respectivos mantenimientos con el tiempo esta va a tender a deteriorarse muy rápido, lo que generara el cambio e incremento en los costos.

3. La polisombra puede que no sea efectiva para el control de la acumulación de otros contaminantes en el agua como lo es la contaminación por filtración y esorrentía de desechos que se encuentran en el suelo, como puede ser aguas residuales o desechos orgánicos de los animales que se encuentran en la zona.

6. Costos

Se presentan dos tablas de costos, debido a que se encuentran dos opciones con las que se pueden trabajar en las cuales podrán encontrar valores unitarios, el costo total de cada uno de los materiales, junto con las cantidades necesarias.

OPCION 1				
Detalle	Unidad	Costo (Home Center)	Cantidad	Total
Polisombra al 80% con ancho de 4 metros por un metro de larga, se compra por metro lineal	m	\$ 10,990	6	\$ 65,940
	m2	\$ 2,748	-	-
Angulo de refuerzo galvanizado	UND	\$ 24,900	12	\$ 298,800
Madera aserrada	UND	\$ 39,900	21	\$ 837,900
Pletina emsamble en T	UND	\$ 29,900	8	\$ 239,200

Tabla 10 Costos opción 1 Ref. (Silva, 2023)

OPCION 2				
Detalle	Unidad	Costo (Home Center)	Cantidad	Total
Polisombra al 80% con ancho de 4 metros por un metro de larga, se compra por metro lineal	m	\$ 10,990	12	\$ 131,880
	m2	\$ 2,747.50	-	-
Plato dentado galvanizado	UND	\$ 3,900	2	\$ 7,800
Angulo de refuerzo galvanizado	UND	\$ 24,900	22	\$ 547,800
Madera aserrada	UND	\$ 39,900	25	\$ 997,500
Pletina emsamble en T	UND	\$ 29,900	24	\$ 717,600

Tabla 11 Costos opción 1 Ref. (Silva, 2023)

Autor: Nicolas Silva Torres

ANEXO 5: FILTRACION VERTICAL PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO POR AGUA LLUVIAS

1. Descripción general:

Los residentes de la vereda Espigas se les hace necesario disponer de agua que cuente con calidad adecuada que permita disponer de ella de forma segura. Por eso, resulta fundamental contar con dispositivos que satisfagan esta necesidad en su sistema de suministro como lo hacen los filtros verticales conectados a su sistema de abastecimiento. La ausencia de adecuados sistemas de filtración podría poner en peligro la salud de quienes consumen el agua y la de los animales presentes en la zona. La filtración desempeña un papel crucial al eliminar contaminantes y garantizar un suministro seguro y saludable de agua. Es por esto por lo que se presenta una solución para eliminar agentes contaminantes que se encuentran en el agua lluvia ya que la elección del filtro adecuado dependerá del propósito para el cual se utilizará el agua. Sin embargo, se presentan filtros que pueden ser de utilidad para hacer un adecuado y seguro uso del agua.

2. Modelo de solución:

La filtración es una etapa física de refinamiento o mejora de la calidad del agua. Consiste en hacer pasar el agua a través de capas de material poroso o granular con el objetivo de retener bacterias y partículas suspendidas en el líquido.

Para poder tener condiciones aceptables de agua y que las personas puedan consumirla es necesario hacer uso de diferentes filtros dependiendo de las condiciones que presente el agua, es por esto que resulta fundamental identificar el origen de la contaminación.

Sin embargo, es importante mencionar que en caso de utilizar el agua de lluvia para consumo humano o para cocinar como lo espera la población de la vereda Espigas en el municipio de Sesquilé, se recomienda optar por un filtro de carbón activado. Por otro lado, si el propósito es utilizar el agua de lluvia para riego de jardines u otros usos no potables, se aconseja emplear un filtro de arena o un filtro de tamiz (Fontaneria Lucero, 2023).

Es fundamental destacar que así como es necesario retener partículas pequeñas que quedaran en el filtro de carbón activado es importante retener partículas más grandes, es por esto que es necesario hacer uso de otro tipo de filtro de malla que se instalara en las bajantes de agua lluvia como primera medida de protección ya que permitirá retener las partículas más grandes tales como hojas o elementos de volúmenes mayores para no saturar los sistemas de filtración de partículas con materiales grandes que se puedan llegar a encontrar en los techos. A continuación, se presenta un tipo de filtro de malla usado en bajantes de agua libres de mantenimiento.



Ilustración 1 Adaptado de (FORTELV, 2022)

A continuación, se tendrá énfasis en la solución que permita a los habitantes emplear el agua para uso doméstico y personal, por lo tanto, se presentan las características y beneficios de la filtración empleando el método de carbón activado.

- **Carbón activado:**

Consiste en un sistema de filtración que utiliza bloques o gránulos de carbón con alta capacidad de absorción. Las partículas indeseables en el agua se adhieren al carbón, dejando el producto final libre de contaminantes. Además, el carbón activado puede eliminar olores desagradables y químicos perjudiciales para la salud (BRITA, 2023).

El funcionamiento del filtro de carbón activado principalmente consiste en el siguiente procedimiento: El agua se introduce en la parte superior de una columna o filtro que contiene carbón activado. Luego, por la fuerza de la gravedad, el agua circula hacia abajo y se recupera a través de un sistema de drenaje en la parte superior. El agua, al pasar por los filtros de carbón activado, se purifica de los productos químicos contaminantes que quedan retenidos en el sistema.

Esta purificación se realiza porque los filtros de carbón activado albergan diminutos pedazos de carbón, presentados en forma de gránulos o bloques, que han sido procesados para volverse altamente porosos.

El flujo del agua procede en dirección descendente a lo largo del medio filtrante hasta llegar al punto de salida. Para poder entender el funcionamiento de un filtro de carbón activado para agua con mayor claridad se muestra la siguiente ilustración y se muestra el funcionamiento del filtro:

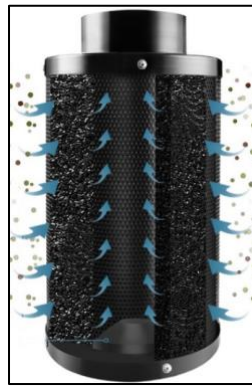


Ilustración 2. Adaptado de (fotografía), (TemplateMonster, 2019)

Por tal motivo, el filtro de carbón activado es un sistema que nos permite obtener calidades de agua bastante aceptables sin necesidad de llevar a cabo procesos tediosos y costosos ya que es de fácil instalación y va conectado a la línea principal de abastecimiento y de fácil mantenimiento debido a que por medio de un proceso de lavado para eliminar partículas se puede volver a obtener las capacidades que presentaba el carbón activado inicialmente, con un correcto mantenimiento puede llegar a durar hasta 10 años (ASENSI, 2019).

Para seleccionar el sistema de filtrado más adecuado para cada proyecto, es importante tener en cuenta la cantidad de agua que se desea filtrar en primer lugar. Según lo observado en la visita técnica, los habitantes de la vereda Espigas se les hace necesario filtrar una cantidad de agua necesaria para su consumo y actividad económica, es por esto por lo que es recomendable optar por un sistema de carbón activado.

- **Construcción de un filtro de carbón activado:**

Existen diferentes formas de lograr una filtración para agua por medio de carbón activado, estos filtros están diseñados con carbón activado, que es carbón poroso tratado para aumentar su capacidad de absorción y adsorción. La adsorción es un proceso mediante el cual los contaminantes se adhieren a la superficie del carbón activado debido a fuerzas químicas y físicas, puede ser de forma industrializada o de forma casera.

A continuación, se presenta un proceso de construcción para filtros caseros, su construcción es practica sencilla y de bajo costo:

Para lograr filtrar la mayor cantidad de agua es recomendable usar un botellón de agua, es por esto por lo que el primer paso consiste en hacer un orificio a la parte inferior del mismo como se muestra a continuación en la imagen ilustrativa:



Ilustración 3. Adaptado de (IDESPO, 2012)

Se realiza una perforación en la tapa y se añade una capa de algodón de aproximadamente 10 cm para evitar que el material filtrante salga de la botella, se realizara este agujero con el fin de conectar las mangueras que llevarán el agua a los tanques de almacenamiento, obteniendo el siguiente resultado.



Ilustración 4. Adaptado de (IDESPO, 2012)

Acto seguido se lleva a cabo la instalación o vertimiento de la capa de material filtrante, en este caso el carbón activado de aproximadamente 25 a 30 cm de espesor, como se presenta a continuación:



Ilustración 5. Adaptado de (IDESPO, 2012)

Es muy importante que el filtro sea instalado de manera vertical ya que el agua cruda entrara por la parte superior abierta y saldrá por el agujero que se le hizo a la tapa del botellón, la cual estará conectada a una manguera que conducirá a los tanques de almacenamiento para su disposición final.

La conclusión sobre el uso de filtros caseros de carbón activado para mejorar la calidad del agua es que pueden ser una opción económica y efectiva para eliminar sabores, olores e impurezas. Es crucial construir y mantener adecuadamente estos filtros para garantizar un rendimiento óptimo. Además, es posible que los filtros de carbón activado no sean capaces de eliminar contaminantes más severos o patógenos presentes en el agua.

3. Aplicabilidad

La filtración de agua implica la separación de partículas sólidas en suspensión presentes en el agua, utilizando medios porosos o filtros que retienen dichos sólidos mientras permiten el paso del líquido. Este proceso elimina minerales y trata el agua turbia, logrando obtener un agua clara y transparente. Es decir, un agua incolora, que es indicativo de su calidad.

Los filtros de carbón activado son altamente eficaces para eliminar una variedad de químicos dañinos presentes en el agua. Estos compuestos incluyen cloro, benceno, radón, trihalometanos disolventes, así como pesticidas, herbicidas y muchos otros

productos químicos sintéticos que pueden entrar en contacto con el agua a medida que fluye a través del sistema de recolección y distribución.

Además de su capacidad para eliminar sustancias químicas, los filtros de carbón activado también son efectivos en la eliminación de sabores desagradables y olores presentes en el agua.

Su instalación debe ser dependiendo que es lo que se quiera retener ya que en las bajantes puede ser instaladas mallas para retener hojas y elementos orgánicos y después de este proceso pueden instalarse filtros que permitan la descontaminación total del agua para así poder lograr una calidad de agua aceptable y sin perjudicar a las personas que la consumen.

Según las características encontradas en campo se puede llevar a cabo la siguiente instalación:

4. Ventajas y desventajas.

Dentro de las ventajas de utilizar un sistema de filtración tenemos que la instalación de bajo costo y su facilidad de instalación la hacen una buena opción. A diferencia de otros sistemas de tratamiento de agua, a comparación de otros equipos que se usan en grandes redes de distribución, los filtros de agua se colocan fácilmente y no tienen un costo tan alto como otras soluciones.

Además, es un sistema eficaz para eliminar contaminantes orgánicos y químicos, lo que nos permite consumir agua del grifo libre de impurezas y con calidad del agua aceptable para el uso de las viviendas donde se implemente este sistema.

La única desventaja que presenta es que, si no se realiza un mantenimiento adecuado, puede convertirse en un foco de bacterias. Por lo tanto, si se opta por la instalación de filtros de agua, es fundamental recordar la importancia de llevar a cabo un mantenimiento periódico, en el caso de los filtros de carbón activado es recomendable llevar a cabo un mantenimiento preventivo de cada ya que este permite llegar a utilizar el compuesto por un periodo bastante prolongado con el fin de recuperar la inversión y tener siempre una calidad de agua esperada. Si se instalan filtros de agua con el objetivo de evitar problemas de impurezas y no realiza el mantenimiento necesario, podría generar una situación aún más grave: que el agua esté contaminada con bacterias que podrían afectar la salud y de los seres vivos que consuman el agua.

5. Costos

Considerando el filtro casero de carbón activado mencionado previamente, es posible emplear los costos individuales siguientes.

FILTRO DE CARBON ACTIVADO

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO
BOTELLON 20L	UN	\$ 14.000,00
ALGODÓN	KG	\$ 19.000,00

CARBON ACTIVADO GRAULADO	KG	\$ 35.800,00
-----------------------------	----	--------------

FILTRO CONTROL DE HOJARAZCA EN TECHOS

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO
FILTRO	UN	\$ 69.900,00

TOTAL GENERAL \$ 138.700,00

(Tabla 1. Costos unitarios filtro de carbón activado casero) ((Sistemas e Irrigaciones S.A.S., 2021)

Autor: Daniel Fernando Delgado Castellanos

ANEXO 6: OPTIMIZACION DE DEMANDA DE AGUA POR CADA FAMILIA

1. Descripción General

Optimizar la demanda requerida por cada familia buscando garantizar el volumen de agua para sus necesidades domésticas.

2. Modelo de Solución.

La alternativa plateada para optimizar la demanda de agua requerida por cada familia consiste en priorizar el consumo de estas en ciertas actividades que se consideran básicas, las cuales serán establecidas por el diseñador y/o familia, pero este deberá tener en cuenta la Resolución 0330 de 2017 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio , 2017) y la 0844 de 2018 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2018). Así mismo, se recomienda tener en cuenta valores acorde a lo establecido en el título J del manual de buenas prácticas página 436 en el cuadro 2 denominado “**Cantidades de agua de referencia según uso**” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010, pág. 436)

Uso	Unidad	Cantidad o rango
Bebida	Litros-hab/d	2 – 5
Preparación de alimentos	Litros-hab/d	2 – 5
Lavado de loza	Litros-hab/d	10 – 25
Aseo personal (lavado de manos y baño)	Litros/hab-d	12 – 20
Aseo personal (evacuación de excretas)	Litros/hab-d	6 – 50
Aseo de la vivienda	Litros/hab-d	4 – 15

Lavado de ropas	Litros/hab-d	20 – 50
Cultivos	Litros/planta-d	0.8
Cría de ganado bovino	Litros/cabeza-d	25 – 110
Cría de ganado porcícola	Litros/cabeza-d	10 – 25
Cría de aves de corral	Litros/cabeza-d	0.2 – 0.5

Fuente: Elaboración MVCT-VASB, con sustento en Restrepo, 2010. Usos múltiples del agua como una estrategia para la reducción de la pobreza

Tabla 1 CANTIDADES DE REFERENCIA DE AGUA SEGUN SU USO fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010)

Es importante tener en cuenta las necesidades de agua para consumo animal, dado que se debe contemplar la temporada de lluvias como las épocas secas y realizar el balance correspondiente que podrá encontrar en la ficha “RELACIÓN OFERTA - DEMANDA PARA GARANTIZAR LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN DURANTE LOS MESES DE SEQUÍA”; así mismo, es importante tener en cuenta que la suma de los valores anteriores no debe dar una detonación máxima superior a los presentados en el artículo 43 de la resolución 0330 de 2017 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio , 2017, pág. 9) o los determinados en el artículo 32 de la resolución 0844 de 2018 (Ministerio de vivienda, ciudad y territorio, 2018, pág. 29), que es igual a $140 \frac{\text{Litros}}{\text{Habitante} \cdot \text{dia}}$

- Insumos

1. Datos de cantidad de personas que habitan cada finca, así como número de animales que tienen.
2. Consumo mensual de agua que tiene cada familia el cual se determina mediante la aplicabilidad más abajo.

Nota: El consumo de agua para cada núcleo familiar debe ser calculada con la información de cada núcleo.

- Diagrama de flujo

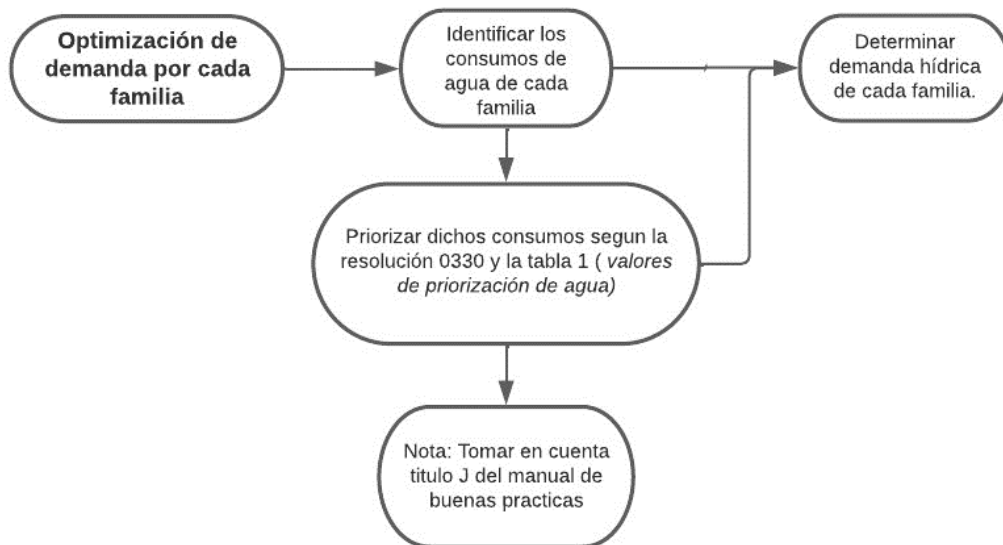


Ilustración 1 paso a paso para la optimización de demanda

3. Aplicabilidad y Formulas.

La optimización de la demanda se hace priorizando el uso de agua en aquellas actividades de suma importancia consideradas en la normativa vigente de vital uso. Según la información recopilada en las distintas salidas de campos realizadas se toman los siguientes usos los cuales serán denominados **“Usos Priorizados”**, y tendrán valores establecidos por cada diseñador, pero dentro de los rangos dados en la normativa Manual de Buenas Prácticas página 436 en el cuadro 2 denominada **“Cantidades de agua de referencia según uso”**, dado a lo anterior los datos establecidos serán los siguientes:

USO PRIORITARIO DE AGUA		
Actividad	Consumo	
Aseo personal	15	L/hab*día
alimentos	5	L/hab*día
sanitario	30	L/hab*día
Total	50	L/hab*día

USO AGUA		
Actividad	Consumo	
VACAS	40	L/hab*día
PERRO	0,5	L/hab*día

Tabla 2 valores de priorización de agua

- Cálculo de demanda hídrica.

Para determinar la demanda hídrica se tiene en cuenta el consumo mensual determinado anteriormente el cual para consumo humanos es de $50 \frac{L}{hab*día}$ y en el caso de tener vacas el consumo $40 \frac{L}{vac*día}$ por cada una y en el caso de perro es de $0.5 \frac{L}{perro*día}$. y se utiliza la siguiente formula.

$$D_{hidrica} = \left(No \text{ habitantes} * 50 \frac{L}{hab * día} \right) + \left(No \text{ vacas} * 40 \frac{L}{vac * día} \right) + \left(No \text{ perro} * 0.5 \frac{L}{perro * día} \right)$$

Como ejemplo práctico se tomará los datos del señor **“Álvaro Gil”** de la cual se obtienen los siguientes datos:

Población	
Habitantes	2
Vacas	2
Perro	1

Tabla 16 datos obtenidos en la encuesta

Con los datos obtenidos se remplaza en la fórmula para determinar la Demanda neta hídrica.

$$D_{hidrica} = \left(2 \text{ hab} * 50 \frac{L}{\text{hab} * \text{dia}} \right) + \left(2 \text{ vacas} * 40 \frac{L}{\text{vac} * \text{dia}} \right) + \left(1 \text{ perro} * 0.5 \frac{L}{\text{perro} * \text{dia}} \right)$$

$$D_{hidrica} = 180.5 \frac{L}{\text{dia}}$$

Según lo anterior, la demanda hídrica al día es de $180.5 \frac{L}{\text{dia}}$, en dado caso que se decía conocer la demanda hídrica mensual se debe multiplicar este por treinta días, en este caso se obtenida una demanda hídrica mensual de $5415 \frac{L}{\text{mes}}$ y en el caso que se desee en unidades metros cúbicos se debe dividir el valor anterior de $5415 \frac{L}{\text{mes}}$ sobre 1000, lo cual nos da un valor de $\frac{5415 \frac{L}{\text{mes}}}{1000 \frac{L}{m^3}}$

- Cálculo de oferta hídrica.

1. **Agua lluvia:** Para obtener el cálculo de oferta hídrica seguir pasos de la guía que lleva por nombre “**Relación oferta/demanda para garantizar la disponibilidad de agua durante los meses de sequía**”

4. Ventajas y desventajas.

Ventajas

1. El optimizar la demanda de agua que tenga cada familia, permite que este recurso tan escaso en la zona sea manejado de manera más eficiente y que en los meses de sequía no se tenga un desabastecimiento del agua.
2. No se es necesario solicitar a la alcaldía del municipio el envío de un carro tanque lo cual incurre en gastos extras para la comunidad de la zona.

Desventajas.

La desventaja más significativa que se tiene es que la optimización de esta la demanda de agua puede ocasionar que no se tenga en cuenta algunas actividades que involucren el recurso y que esta no supla la demanda real que existe.

Autor: Andrea Valentina Barragán Vega

ANEXO 7: SISTEMA DE CUBRIMIENTO DE REDES DE ABASTECIMIENTO

1. Descripción general

En la comunidad de la vereda Las Espigas, municipio de Sesquilé del departamento de Cundinamarca, algunos de sus habitantes presentan interrupción en la conducción en sus sistemas de abastecimiento hídrico, debido a que su sistema de conducción actual no se encuentra protegido ante diferentes factores externos, causando interrupciones, fugas y desconexiones que en efecto causa intermitencias en el sistema de abastecimiento. Por otra parte, algunos habitantes no cuentan con una red de conducción por lo cual se limita el acceso al suministro hídrico.



Ilustración 1 Redes expuestas; Fuente: (Carreño,2023)



Ilustración 2 Redes expuestas; Fuente: (Carreño,2023)

2. Modelo de solución

Para mitigar la interrupción de la conducción se pretende realizar la instalación subterránea de la red con el fin de evitar la ruptura y, al mismo tiempo, previendo contaminación del agua. Por lo tanto, se recomienda implementar tubería rígida o flexible de $\frac{1}{2}$ ", ya que es el diámetro nominal que mejor se adapta a este tipo de condiciones de diseño, el material a usar debe ser preferiblemente PVC rígido o polietileno. Estos materiales se pueden obtener en cualquier depósito de materiales de construcción o ferretería, por otra parte, estos criterios de diseño se basan en el artículo 56 de la resolución 0330 de 2017 emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Es importante aclarar que la tubería a utilizar se encuentre en perfectas condiciones antes de ser instalada.



Ilustración 3 Construcción de la zanja; Fuente: (EMAPASR-EP,2020)

3. Aplicabilidad

Para su instalación se debe realizar una excavación tipo zanja a la profundidad de la cota clave de la tubería a un metro como se indica en la Ilustración 6 cota clave de la tubería, para zonas verdes o agrícolas y accesos peatonales según lo indicado en el artículo 60 de la resolución 0330 de 2017 emitida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, por otra parte, se recomienda estabilizar la tubería en el fondo de la zanja como se especifica en la siguiente figura y finalmente cubrir con el mismo material posteriormente excavado.

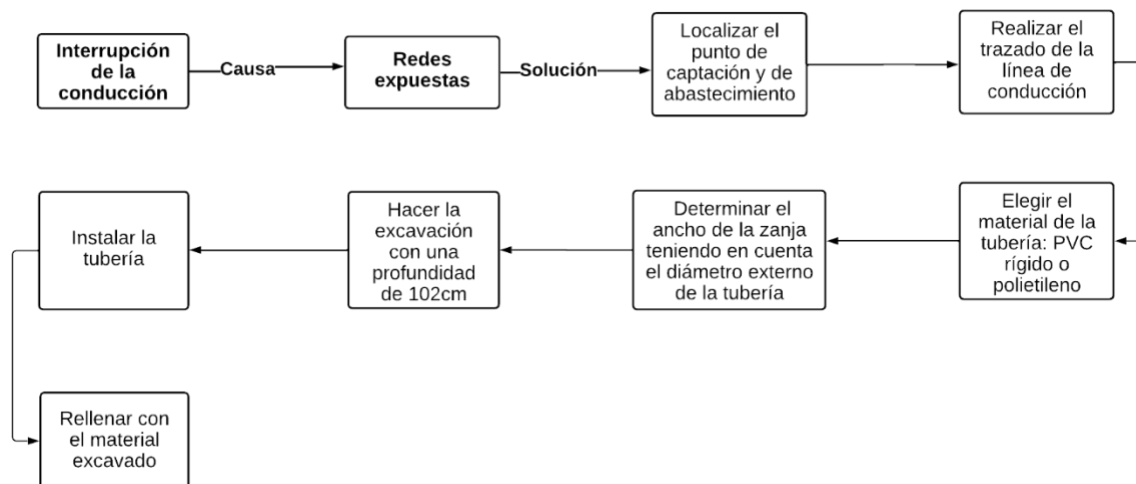


Ilustración 4 Diagrama de flujo solución a la interrupción de la conducción; Fuente: (Carreño,2023)



Ilustración 5 Instalación de tubería; Fuente: (EMAPASR-EP,2020)

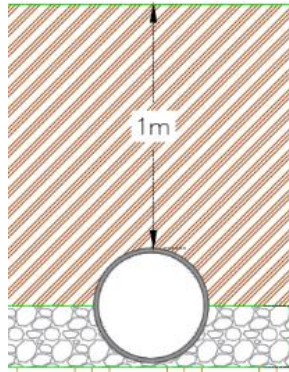


Ilustración 6 cota clave de la tubería; Fuente: (Carreño, 2023)

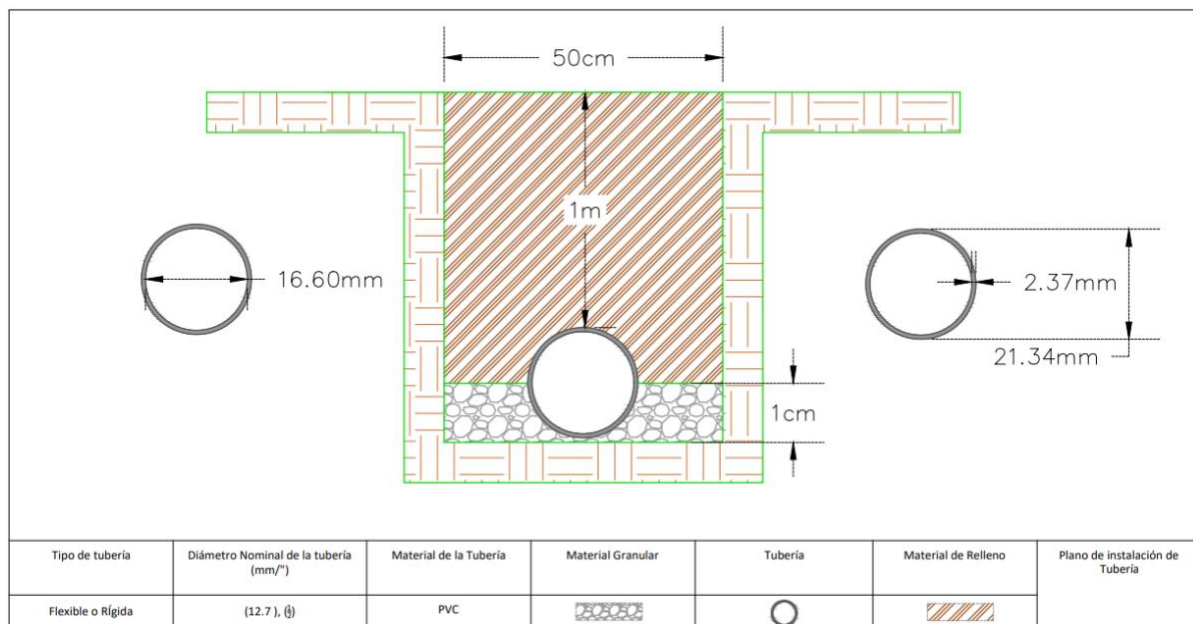


Ilustración 7 Plano de instalación de tubería; Fuente: (Carreño,2023)

Como se evidencia en el plano de instalación de tubería se identifican las características técnicas que debe cumplir la tubería a implementar para el correcto funcionamiento de la red de conducción. Es importante aclarar que el material granular como se especifica en el presente plano hace referencia a grava de 1"

pulgada para dar estabilidad a la red de conducción; el material de relleno es el mismo material que previamente se excavó para realizar la zanja. Por otra parte, para el proceso de relleno y readecuación es necesario ir apisonado por capas el material e ir rellenando la zanja para generar estabilidad en la zona intervenida. Este proceso se hace con el fin de recuperar la misma densidad del suelo que tenía antes de la intervención para poder soportar las cargas dinámicas. Es decir, cargas que generen movimiento o que sean temporales y estáticas que hacen referencia a cargas que se mantienen en un mismo lugar.

4. Ventajas y desventajas

La instalación de tubería subterránea para el transporte de agua disminuye el riesgo de interrupción para el funcionamiento del sistema de abastecimiento hídrico, ya que se evita la exposición de la tubería a factores externos como la exposición directa al sol y a el cambio climático que disminuyen la vida útil de la tubería. Por otra parte, se evita la ruptura y desconexión a causa de actividades humanas y agrícolas. Sin embargo, la tubería evita que se contamine el agua debido a su recubrimiento a lo largo de todo su recorrido.

La fácil instalación de este tipo de tubería disminuye los costos de instalación ya que no se requieren equipo de gran tamaño si no herramientas manuales de bajo costo.

Una de las principales desventajas que presentan este tipo de instalación para zonas rurales es la limitación del área para sembrar cultivos en la zona del trazado de la tubería, esto es debido a que los cultivos pueden afectar la tubería por medio de las raíces afectando la sección transversal que causa deformaciones y posteriormente ruptura.

5. Costos

Teniendo en cuenta las dimensiones del proyecto se puede aplicar los siguientes costos unitarios.

Detalle	Und	Costo
Excavación en tierra seca a mano entre 0-2m de profundidad (incluye mano de obra y herramienta)	M3	\$ 24.022
Suministro e Instalación Tubería PVC P de 1/2"	ML	\$ 18.930

Tabla 1 costos unitarios sistema de cubrimiento de redes de abastecimiento; Fuente: (Carreño,2023)

Autor: John Sebastián Carreño Sandoval

ANEXO 8: OPTIMIZACIÓN DE LA CONDUCCIÓN DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO HÍDRICO A LA VIVIENDA

1. Descripción general

Este proceso busca hacer un mejoramiento de calidad y eficiencia en la conducción de los sistemas de abastecimiento hídricos ya existentes. Optimizando las distancias en el recorrido de la tubería que va desde el reservorio recolector al reservorio de almacenamiento. La topografía del terreno presenta zonas altas de montaña que se encuentran intermedias en el recorrido del sistema de conducción de un reservorio a otro. Debido a esta situación se requiere el uso de una motobomba que permita garantizar el suministro de agua desde el punto inicial al punto final.

Realizado un estudio de la topografía de la zona se encontró que el mayor desnivel en los recorridos oscila entre once (11m) a quince (15m) metros de altura, debido a las condiciones de la zona y con base al análisis de los datos encontrados en la ficha técnica de la motobomba sugerida se determina que la potencia de bombeo cumple con los criterios mínimos de la topografía. Cumpliendo con las características del fabricante de la motobomba se establece un diámetro de tubería tal que se acerca a las condiciones ideales de trabajo de la motobomba.

En algunos casos no se requiere el uso de motobomba ya que las condiciones del terreno brindan una pendiente tal que el sistema funcione a gravedad y solo se requiere la instalación de tubería.

2. Modelo de solución

En el recorrido de este sistema hídrico en específico (reservorio 1 al reservorio 2) identificado en el plano 1/1 “identificación de los sistemas de conducción de las fincas de Blanca Oliva e Hicidro Torres”. Donde se evidencia que la topografía del terreno no permite que el sistema trabaje a gravedad. El primer criterio de selección de la motobomba DCW40 se relaciona con la potencia máxima de elevación de la motobomba que para la seleccionada es de 16 metros de altura y cumple con la topografía de la zona. Como se puede observar en la ilustración 1 en la sección de bomba.

El segundo criterio de selección para la implementación de la motobomba está dado a que los reservorios no superan los tres (3m) metros de profundidad, por ende, se selecciona la motobomba DCW40, que cumple el requerimiento de altura de succión dado por la ficha técnica del fabricante. Como se puede observar en la ilustración 1 en la sección de bomba.

En el tercer criterio se tiene presente las condiciones óptimas de trabajo dadas por el fabricante respecto a los diámetros ($D = 1.5''$) de trabajo de succión y descarga los cuales lo que permiten una reducción en los costos de la implementación en el sistema

de conducción del agua. Como se puede observar en la ilustración 1 en la sección de bomba. (garden, 2023)

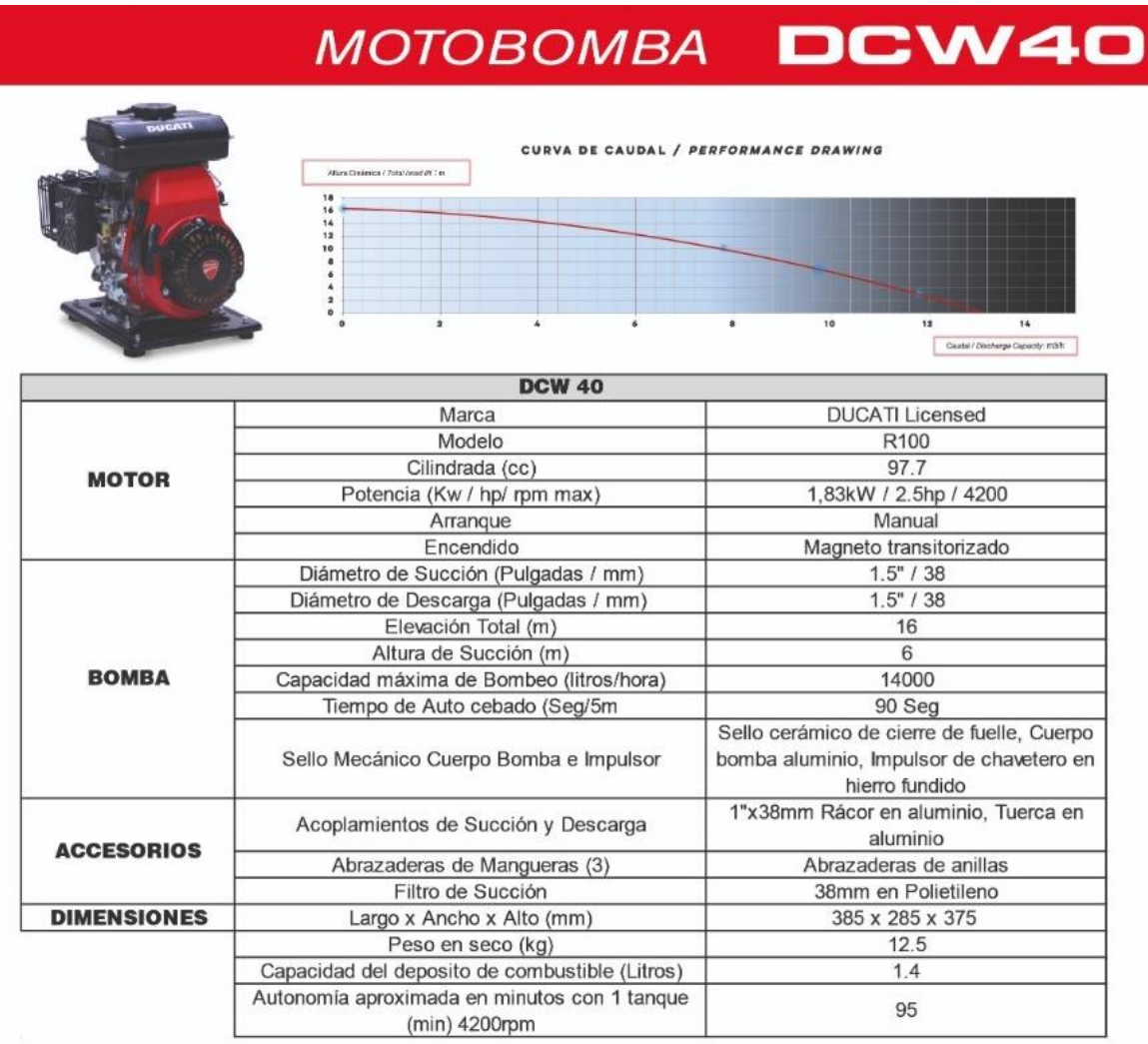


Ilustración 1. Ficha técnica motobomba DCW40

- ingeniería conceptual.

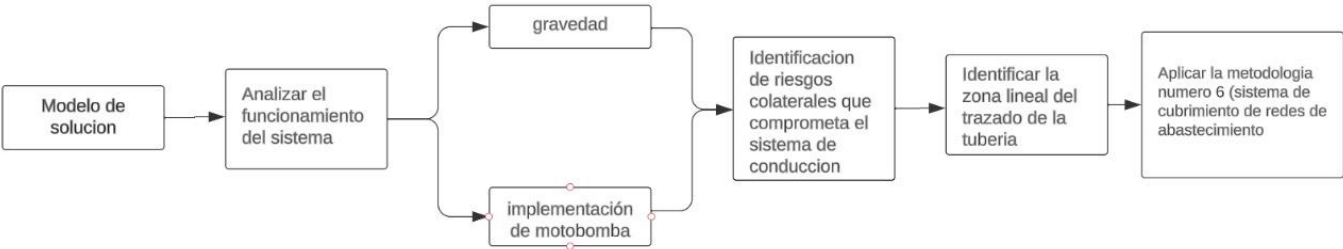


Ilustración 2 Ingeniería Conceptual

Dentro de la evaluación de los posibles funcionamientos del sistema se encuentra la implementación de una motobomba si se requiere o el diseño para que el sistema funcione a gravedad.

En la zona se pueden presentar riesgos colaterales que comprometen el buen estado del sistema de conducción tales como, paso de animales, caída de árboles y posibles deslizamientos de tierra. Para prevenir estos riesgos se recomienda hacer uso de la ficha técnica número 6 (sistema de cubrimiento de redes de abastecimiento), que nos indica la instalación adecuada del sistema de tubería, realizada por Juan Sebastián Carreño, seguir paso a paso su implementación.

Para identificar el recorrido del sistema de tuberías se tuvo en cuenta dos factores, la optimización de recursos tales como distancia total del sistema de conducción, tubería y excavación para la instalación y la menor afectación a las zonas de vegetación **(deforestación)** que interfieren en la conducción del recurso hídrico.

3. Aplicabilidad

Esta metodología tiene como finalidad, realizar la adecuación o reestructuración en la conducción del sistema de agua. respecto a los sistemas ya existentes que fueron

implementados por la comunidad, o si es necesario implementar nuevos sistemas de conducción.

Con esto se busca brindar seguridad en términos del transporte de agua hacia las viviendas, esto se logra realizando una intervención que consta en proteger las redes de tuberías previniendo así daños colaterales que se puedan presentar.

Esta metodología va en conjunto con la metodología número 6 (sistema de cubrimiento de redes de abastecimiento) con el fin de hacer una protección del sistema. Los pasos metodológicos de dicha metodología se presentan a continuación:

1. Realizar el análisis de la ruta optima que se aplicara para la instalación de la tubería, teniendo en cuenta si se favorece trabajar a gravedad o implementar motobomba.
2. Según la topografía de la zona, se hace la implementación de una motobomba
3. Tomar medidas longitudinales para la instalación de la tubería optimizando el recorrido del sistema.
4. Se hace implementación de la metodología de (sistema de cubrimiento de redes de abastecimiento), que consiste en llevar las tuberías subterráneas.
5. Realizar la instalación y pruebas de conducción del sistema.
6. Poner en marcha su funcionamiento.

4. Ventajas

Para las tuberías se tiene un control de riesgos superficiales que puedan afectar las líneas de conducción ya sea por el paso de animales o maquinaria que se pueda utilizar en la zona (podadoras de pasto, motosierras, etc.).

Para las motobombas, es importante esta aplicación de metodología ya que se encuentra la recomendación de una motobomba específica la cual satisface los problemas de conducción del agua de los reservorios de recolección hasta los reservorios de almacenamiento, esta motobomba brinda unas características que optimizan el consumo de combustible, ya que es la gasolina la fuente de poder de estas. ya que corrigiendo su potencia adecuada se podría llegar a disminuir los niveles de consumo de combustible.

5. Desventajas

Con respecto a las tuberías su mantenimiento en caso de requerirlo tendría complejidad para la localización del problema, esto haciendo que se realice una búsqueda desde la boca de la conducción, trayendo así más trabajo en cuestión de excavación.

6. Costos si aplica.

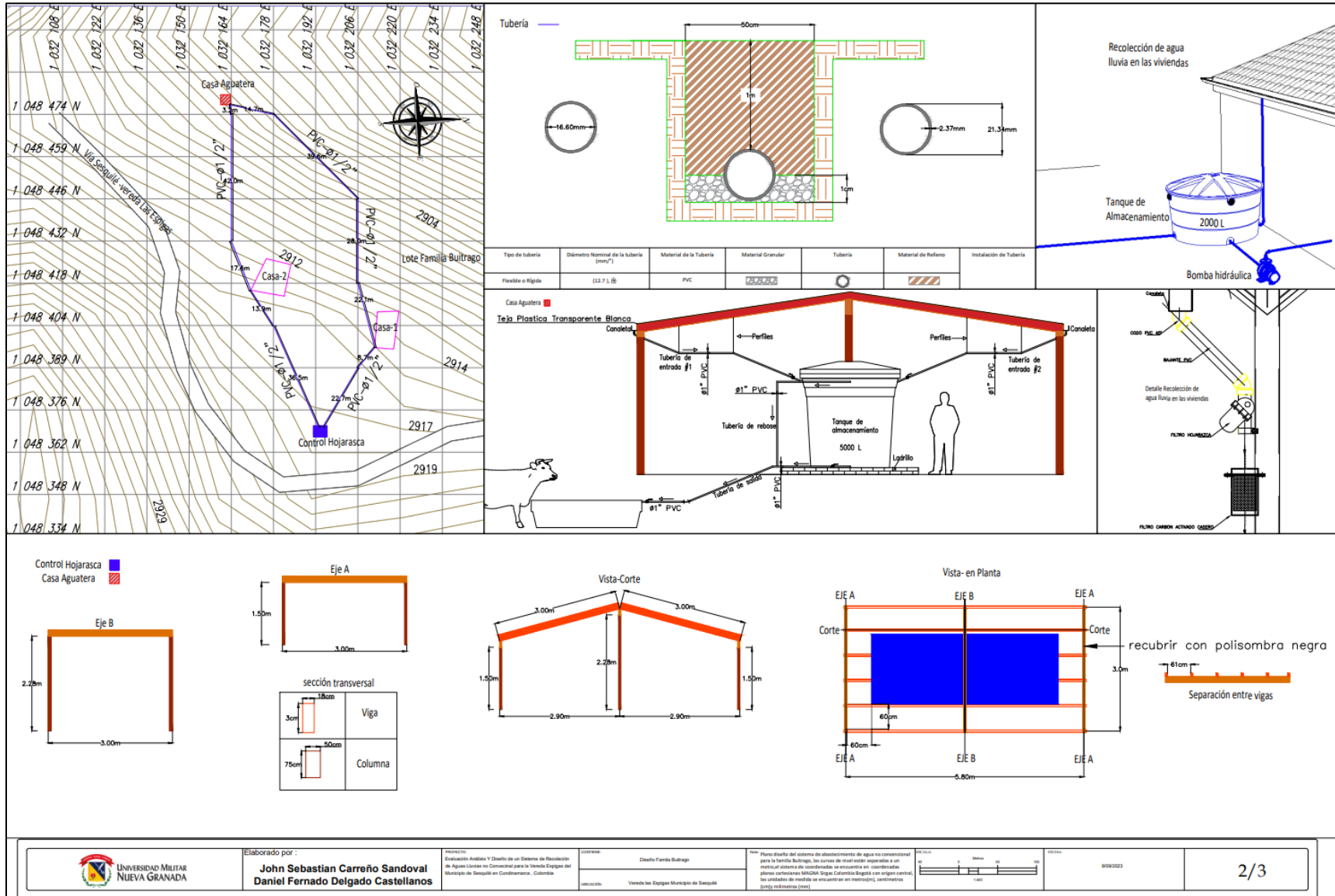
En la tabla 45 se encuentran los costos unitarios de insumos como tubería que se mide en metro lineal y mano de obra para la excavación de terreno. (AGROSYNC, 2023)

INSUMO	UNIDAD	PRECIO
Excavación por m3, mano de obra	m ³	\$ 26.000
Manguera agrícola de polietileno de 1.5" de 100 metros de longitud	Metro lineal	\$ 46.066
Motobomba	Unidad	\$ 636.429

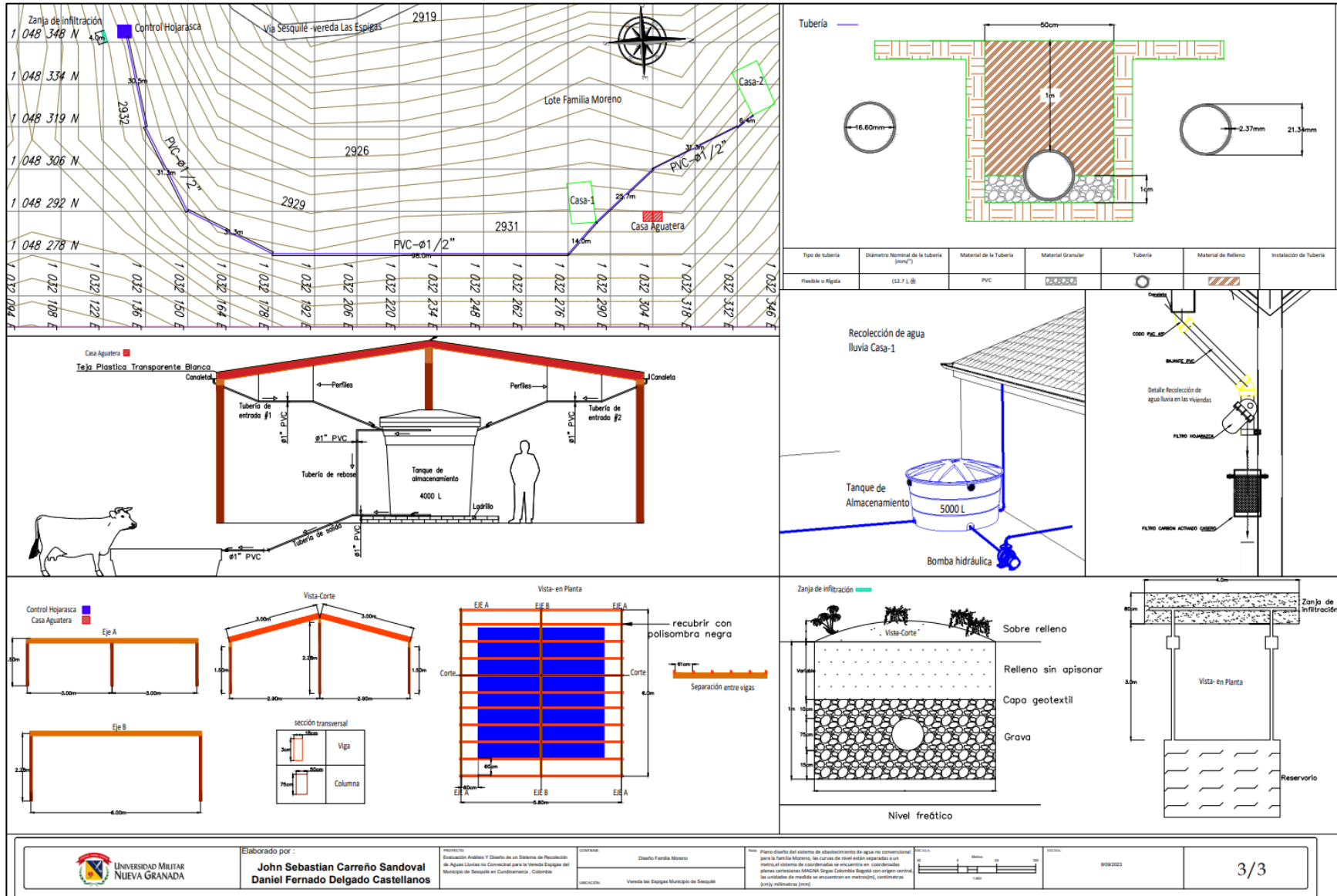
Tabla 1 costos unitarios de insumos; Fuente: (Uribe, 2023)

Autor : Andrés Felipe Uribe Marroquín

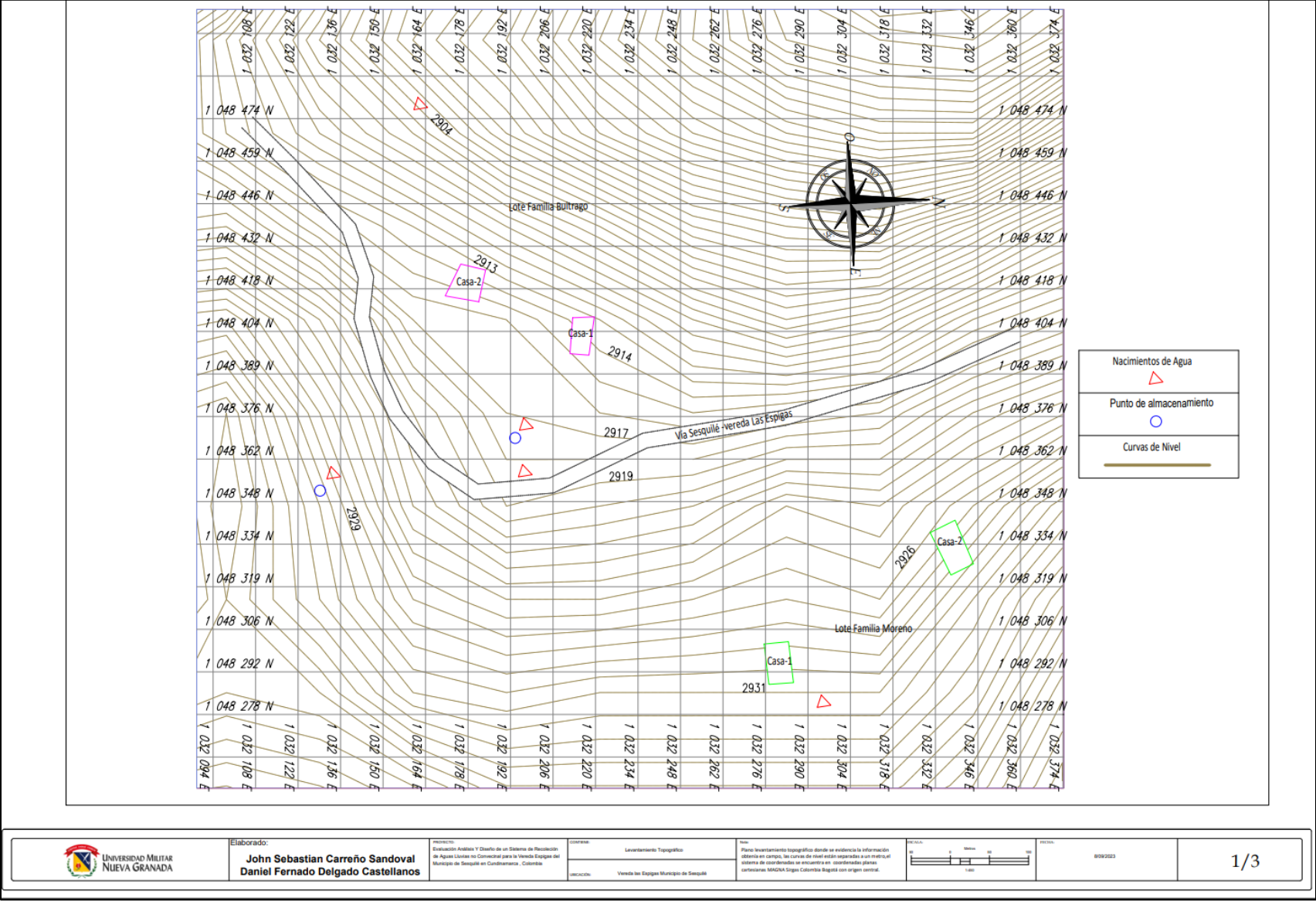
ANEXO 9. PLANO FAMILIA BUITRAGO



ANEXO 10. PLANO FAMILIA MORENO



ANEXO 11. PLANO TOPOGRÁFICO



BIBLIOGRAFÍA

Díaz, Jorge. (2019, Marzo 14). Zanjas de infiltración.

Cardona, Andrés. (2018, Mayo 9). Beneficios de las zanjas de infiltración.

Rotoplast. (2023, Abril). Biodigestores.

Aguilar, Alex. (2007, Agosto). Manual básico para el análisis de una cuenca hidrográfica.

IDEAM. (2023). Curvas Intensidad, Duración, Frecuencia.

Campos, Daniel. (2008, Junio). Calibración del método racional en cuencas hidrográficas.

Vamos a construir. (2022). Dren o filtro francés. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Tnk6h_WG9r0

Salas, Juan. (2022). Zanjas Filtrantes: fundamentos, diseño, selección de ubicación y construcción.

Norma de diseño de alcantarillado EPM.

Resolución 0330 de 2017 Ministerio de vivienda, ciudad y territorio de Colombia.

Resolución 1166 de 2006 y 1127 de 2007 del anterior Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.

Obtenido de amcecuador: 1072270-FormatNew-Tela-Polisombra-Negro-AI-80-Polietileno (amcecuador.com)

AGROUNIVERSO. (s.f.). Obtenido de <https://www.agrouniverso.com/www/index.php/productos/polisombra-men%C3%BA/polisombras.html>

HOME CENTER. (s.f.). Obtenido de https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/434559/polisombra-negra-80-10mt-x-40mt-l-x-a-anti-uv/434559/?kid=goosho_1161562&shop=googleShopping&gclid=EAlaIQobChMloaGSjZKbgAMVM4FaBR2ZOAEECAQYAIAABEgLzcPD_BwE

HOME CENTER. (s.f.). Obtenido de https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/142932/agrolene-uv-1-metros-x-10-metros-ancho-cal-7-invernadero/142932/?kid=goosho_1246419&shop=googleShopping&gclid=EAlaIQobChMlwfantJebgAMVSJ5aBR2rQQh5EAQYASABEgJsY_D_BwE

HOMECENTER. (s.f.). Obtenido de https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/425389/rollo-tela-verde-50m-x-210m-ancho-55gr-m2/425389/?kid=goosho_1161562&shop=googleShopping&gclid=EAlaIQobChMloaGSjZKbgAMVM4FaBR2ZOAEECAQYASABEGLaafD_BwE

PAVCO. (s.f.). Obtenido de https://pavcowavingeosinteticos.com/fichas/Tela_Cerramiento_FT2021.pdf

ASENSI. (15 de Julio de 2019). Filtro de carbón activo: Usos y dónde comprarlo. Obtenido de Frigicol: <https://www.frigicoll.es/blog/filtro-de-carbon-activo-usos-y-donde-comprarlo/#:~:text=%C2%A1Un%20filtro%20puede%20llegar%20a,una%20temperatura%20de%20200%20%C2%BAC>.

BRITA. (2023). Guia de filtrados de agua. Obtenido de <https://www.brita.es/blog/bienestar/tipos-filtros-agua>

Fontaneria Lucero. (2023). Blog sobre fontaneria. Obtenido de <https://www.fontanerialucero.es/como-elegir-el-filtro-adecuado-para-el-agua-de-lluvia/#!>

FORTELV. (23 de Mayo de 2022). FORTLEV. Obtenido de <https://www.fortlev.com.br/produtos/meio-ambiente/separador-de-folhas/>

IDESPO. (2012). Universidad Nacional de Costa Rica. Obtenido de https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14486/filtro_de_carbon_activado.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Este%20filtro%20consta%20de%20tres,una%20de%20carb%C3%B3n%20activo%20posible.&text=Este%20material%20tiene%20como%20funci%C3%B3n,la%20a

Sistemas e Irrigaciones S.A.S. (2021). Soluciones integrales en riego. Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-573731340-filtro-malla-1-1-2-riego-JM?matt_tool=45862477&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14633851677&matt_ad_group_id=145183662877&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=6448382

TemplateMonster. (2019). bruniversitat. Obtenido de <https://shop13003.bruniversitat.org/content?c=filtros+de+carb%C3%B3n+activado+para+agua+potable&id=3>

Ministerio de Vivienda, C. y. (2011). Minvivienda. Obtenido de Minvivienda: https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_j_vf_1.pdf

vivienda, M. d. (08 de Junio de 2017). Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico . Bogotá D.C, Bogota D.C, Colombia .

Vivienda, M. d. (08 de Noviembre de 2018). Resolución 0844 de 2018. Bogotá D.C, Bogotá D.C, Colombia .

AGROSYNC. (30 de agosto de 2023). Croper.com. Obtenido de <https://croper.com/products/8798-manguera-negra-de-poli-etileno-para-riego-1-pulgada-x-100-mts>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Por lo cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico - RAS. <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>

Fidubogota. (2023). costo directo de la obra. 9/08/2023 <https://www.fidubogota.com/documents/1428694/2240345/6-precio-unitario.PDF/93eb4f57-c44b-9906-2e52-37985c0aeb16?t=1620083499022>

EMCALI. (2023). Listado de Precios Unitarios 2023. 9/08/2023 <https://www.emcali.com.co/documents/107516/1011921/Lista+de+Precios+2023+UENAA.pdf>

EMAPASR. (2020). AMPLIAN SERVICIO DE AGUA POTABLE EN CDLA. SANTA FE. https://www.emapasr.gob.ec/htm/ooaapp_2020.html

Corporación Autonoma Regional (CAR). (10 de Abril de 2023). Corporación Autonoma Regional (CAR). Obtenido de Corporación Autonoma Regional (CAR): <https://www.car.gov.co/>

Fajardo Toloza , G. A., & Sandoval Rodriguez , L. P. (Diciembre de 2020). Repositorio Usta. Obtenido de Repositorio Usta: <https://repository.usta.edu.co/jspui/bitstream/11634/33244/1/2021laurasandoval.pdf>

Ministerio de Ambiente. (30 de Agosto de 2021). Arqui ambiental. Obtenido de Arqui ambiental: <https://www.arqbiencial.org/2021/08/30/captacion-de-agua-de-lluvia-ventajas-y-desventajas/>

Ministerio de vivienda, ciudad y territorio. (08 de Junio de 2017). Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá D.C, Bogota D.C, Colombia.

Rotoplas. (19 de Agosto de 2020). Rotoplas. Obtenido de Rotoplas: <https://rotoplas.com.mx/ventajas-de-tener-un-sistema-de-captacion-de-agua-de-lluvia/>

Ecológico sostenible (2022). Captación de agua lluvia: ventajas, desventajas, usos y técnicas. Captación de agua de lluvia: ventajas, desventajas, usos y técnicas (ecologicosostenible.com)

Arkiplus (2020). Captación de agua lluvia en techos. Captación de agua de lluvia en techos - Arkiplus

Grantural (2021). Captación de agua lluvia en techos. Captacion de agua de lluvia en techos | Actualizado junio 2023 (grantural.es)

Bernal A. (2021) Soluciones alternativas para el acceso a agua y saneamiento en Colombia. SOLUCIONES ALTERNATIVAS PARA EL ACCESO A AGUA Y SANEAMIENTO EN COLOMBIA (unal.edu.co)

RAS (2010). Título J Alternativas tecnológicas en agua y saneamiento para el sector rural. 100811_titulo_j_ras-_.pdf (minvivienda.gov.co)