

Área de Conocimiento de Agricultura

DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA PARA USO AGROPECUARIO EN LA FINCA LOS SILVA, COMARCA EL REVENTON, MUNICIPIO DE VILLA EL CARMEN, DEPARTAMENTO DE MANAGUA, NICARAGUA.

Trabajo Monográfico para optar al título de
Ingeniero Agrícola

Elaborado por:

Br. Aristides José
Rivera Martínez
Carnet: 2019-0750U

Br. Paola de los
Ángeles Ruiz
Ortega
Carnet: 2019-0576U

Br. Ruth del
Socorro Salinas
López
Carnet: 2019-0672U

Tutor:

MSc. Ing. Josué
Ariel Acosta
Green

Dedicatoria

A Dios, por brindarme fuerzas, dedicación y fe en la realización de este trabajo.

A mis padres, María Martínez Gazo y Arístides Rivera Lacayo, por todos sus sacrificios, apoyo e infinito amor a la largo de toda mi vida además de ser siempre un ejemplo para mí.

A mis mentores, Helder Cruz Varela, Mario Gregorio López, Adonis Medal Araica, Christian Zavala Gonzales, Marina Castellón Castillo y Chiara Pérez Castellón, por su valiosa orientación y apoyo. Su dedicación y sabiduría han sido esenciales para mi vida, estoy profundamente agradecido por su influencia positiva en mí.

Este logro me lo dedico a mí mismo, por el esfuerzo incansable, la perseverancia y el compromiso inquebrantable que me han llevado hasta aquí. Mi propio esfuerzo ha sido la fuerza que me impulsó a superar desafíos y alcanzar mis metas.

Br. Arístides José Rivera Martínez

Dedicatoria

A Dios, por darme la fortaleza para perseverar, la sabiduría para superar obstáculos y la fe para seguir adelante. Tu presencia constante ha sido mi refugio y mi fuente de inspiración.

A mis padres, Harvin Ruiz Cruz y Claudia Ortega, por ser un ejemplo a seguir de trabajo y colaboración con los demás, por su ayuda, apoyo, consejos y su ejemplo de perseverancia, rectitud, integridad y ética.

A mí misma, por haber dado lo mejor de mí en cada etapa de esta carrera, por no rendirme nunca y por esforzarme al máximo para alcanzar este logro. Gracias por no abandonar el sueño y por hacer todo lo posible para llegar hasta aquí.

Br. Paola delos Ángeles Ruiz Ortega

Dedicatoria

A Dios le dedico mi logro, por ser el creador de todas las cosas, porque nos da la fuerzas para poder lograr todo lo que nos proponemos.

A mi abuela María Pérez Reyes, por estar conmigo todo el tiempo y apoyarme económicamente y moralmente en lo largo de mi carrera.

A mis Tíos, Byron Sequeira Pérez, Rafael Salinas Pérez y Ernesto Salinas Pérez, por su apoyo incondicional y motivación en los momento más difíciles.

Br. Ruth del Socorro Salinas López

Agradecimiento

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, su amor y fortaleza han sido mi sostén en cada momento de incertidumbre. Cada desafío superado ha sido un testimonio de su divina sabiduría, que me ha dado el coraje y la claridad necesaria para seguir adelante.

A mis queridos padres María Martínez Gazo y Arístides Rivera Lacayo, a mi familia, Ada Rivera Martínez, María Rivera Martínez, Adrián Rivera Martínez, Miguel Lacayo Talleria y Jonathan Lacayo Calderón, a quienes debo todo lo que soy y he alcanzado. Cada sacrificio que han hecho, cada palabra de aliento y cada gesto de cariño han sido el pilar fundamental sobre el cual he edificado este logro. Su fe en mí ha sido el motor que me impulsó a continuar.

A mi tutor, Msc. Ing. Josué Acosta Green, por su orientación y apoyo constantes. Cada consejo, cada corrección y cada palabra de aliento han dejado una huella imborrable en este trabajo y en mi vida. Aprecio profundamente el tiempo y la energía que ha invertido en mi desarrollo académico.

A Paola Ruiz Ortega, por su apoyo incondicional y por estar siempre presente en los momentos más importantes. Tu aliento y tu fe en mí han sido un sostén invaluable, y tu amistad ha hecho este viaje mucho más significativo.

A todas las personas que han estado a mi lado, brindándome su apoyo y aliento en cada etapa de este proceso. Cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo han contribuido a que este sueño se hiciera realidad.

Br. Arístides José Rivera Martínez

Agradecimiento

Primero, quiero agradecer a Dios por haberme iluminado el camino a seguir hacia el triunfo profesional, por acompañarme a lo largo de mi vida y por darme la fortaleza, sabiduría necesaria, paciencia y fe en el desarrollo de este trabajo.

A mi familia, Miriam Ortega Hernández, Ileana Cruz Pravia, Virginia Flores Ortega y Hellen Ruiz Cruz, por su apoyo. Agradezco especialmente a mis padres, Harvin Ruiz Cruz y Claudia Ortega, quienes han sido el pilar de mi vida, brindándome el aliento y la confianza necesarios para superar cada desafío. También quiero agradecer a mi hermana, Marcela Ruiz Ortega, por su apoyo constante y por estar siempre a mi lado, alentándome y compartiendo mis alegrías y preocupaciones.

A mis maestros, por compartir su conocimiento y ofrecerme una guía valiosa durante todo este tiempo. Su dedicación y enseñanzas han sido cruciales para mi desarrollo académico y profesional.

A mi tutor, Msc. Ing. Josué Acosta Green por su orientación experta y paciencia. Su apoyo ha sido fundamental para la realización y perfeccionamiento de este trabajo, y estoy profundamente agradecida por su compromiso y dedicación.

A mis compañeros de tesis, Arístides Rivera Martínez y Ruth Salinas López, por su colaboración, apoyo y por compartir esta experiencia única. El trabajo en equipo y el apoyo mutuo han hecho que este proceso sea mucho más enriquecedor y llevadero.

A Arístides Rivera Martínez, por ser mi mejor amigo. Tu apoyo y paciencia han sido una fuente de fortaleza e inspiración. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este viaje, por tu comprensión y por creer en mí.

Br. Paola delos Ángeles Ruiz Ortega

Agradecimiento

Le agradezco a mi abuela, María Pérez Reyes, por ser el apoyo incondicional de mi vida, quien me ha motivado a superarme, ha estado ahí cuando más la necesito y por darme todo su cariño y amor incondicional.

A una persona especial, quien estuvo a mi lado desde el inicio de mi trayectoria universitaria hasta el final, brindándome apoyo constante y alentándome a alcanzar mis metas. Su presencia y motivación han sido fundamentales para que pudiera superar cada desafío y cumplir mis objetivos.

A mi tutor Msc. Ing. Josué Acosta Green, por la orientación oportuna que permitió terminar el presente trabajo de graduación.

Br. Ruth del Socorro Salinas López

Resumen

El presente documento detalla el análisis técnico para la implementación de una obra de captación de agua de lluvia, con el objetivo de optimizar la recolección y gestión del recurso hídrico en una región caracterizada por variaciones estacionales en la disponibilidad de agua. Basado en un análisis climático detallado de las estaciones El Boquete y San Isidro de la Cruz Verde, se identificaron precipitaciones medias anuales de 1,193.16 mm y temperaturas promedio de 27.77°C, revelando períodos de déficit hídrico y excedentes potenciales. El estudio incluyó una evaluación de la textura del suelo y su impacto en la infiltración y escorrentía, destacando la variabilidad entre suelos franco arenoso y franco arcilloso. Se eligió una geomembrana HDPE de 60 milímetros de grosor para el revestimiento del área de captación, adaptada a la textura del suelo para maximizar la retención de agua y prevenir la pérdida en suelos con alta infiltración. El análisis morfométrico de la cuenca, con una pendiente promedio de 48.07% y una red fluvial eficiente, guio el diseño de la infraestructura, que incluye un reservorio con un volumen proyectado de 715 m³, una relación de talud de 2:1, y medidas para minimizar la erosión. El costo total del proyecto, incluyendo materiales, mano de obra y una reserva para imprevistos, asciende a \$12,656.18. Este presupuesto asegura la viabilidad económica del proyecto y cubre todos los aspectos necesarios para su ejecución efectiva y sostenible. El diseño propuesto aborda las condiciones específicas de la región, optimizando la recolección de agua y garantizando una gestión eficiente del recurso hídrico, lo que contribuirá a la sostenibilidad y seguridad hídrica en la zona.

Palabras claves:

Balance hídrico, Escorrentía, Infiltración, Morfometría, Precipitación, Presupuesto, Subcuenca.

Índice

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	4
IV. OBJETIVOS.....	6
4.1. Objetivo general.....	6
4.2. Objetivos específicos	6
V. MARCO TEORICO	7
5.1. Componentes físicos e hidroclimaticos	7
5.1.1. Clima	7
5.1.2. Precipitación	7
5.1.3. Temperatura	7
5.1.4. Evapotranspiración.....	8
5.1.5. Taxonomía.....	8
5.1.6. Uso de suelo.....	11
5.1.7. Geología	11
5.2. Cuenca hidrográfica	12
5.2.1. Cuenca hidrológica.....	12
5.2.2. Características de una cuenca.....	12
5.2.3. Afluente	13
5.2.4. Efluente	13
5.2.5. Divisoria de agua.....	13
5.2.6. Variables morfométricas de la cuenca.....	13
5.3. Parámetros de diseño de una obra de captación.....	17
5.3.1. Estudio hidrológico	17
5.3.2. Escorrentía	17
5.3.3. Velocidad de infiltración	18
5.3.4. Sistema de cosecha de agua.....	19
5.3.5. Escurrimiento superficial	20
5.3.6. Balance hídrico.....	21
5.3.7. Sistemas de información geográfica SIG.....	21

5.4.	Costo y presupuesto de una obra de captación	23
5.4.1.	Costos	23
5.4.2.	Costos directos.....	23
5.4.3.	Costos indirectos.....	25
5.4.4.	Presupuesto	25
VI.	DISEÑO METODOLÓGICO	26
6.1.	Descripción del área de estudio	26
6.2.	Diseño de la investigación	27
1.1.	Metodología.....	28
1.1.1.	Eta 1. Caracterización de la zona de estudio	33
1.1.2.	Eta 2. Determinación de las variables morfométricas	35
1.1.3.	Eta 3. Diseño de la obra de captación	38
1.1.4.	Eta 4. Elaboración del presupuesto del proyecto	40
II.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	41
2.1.	Caracterización de la zona	41
2.1.1.	Ubicación.....	41
2.1.2.	Caracterización climática de la zona.....	42
2.1.3.	Geología	52
2.1.4.	Caracterización física de la zona	54
2.1.5.	Geomorfología.....	63
2.2.	Determinación de las variables morfométricas.....	63
2.2.1.	Forma de la cuenca.....	63
2.2.2.	Parámetros de relieve	66
2.2.3.	Red de drenaje.....	67
2.3.	Diseño de la obra de captación	69
2.3.1.	Escorrentía	69
2.3.2.	Balace hidrológico	70
2.3.3.	Diseño de la obra	71
2.4.	Costo de realización de la obra	76
2.4.1.	Costo de materiales	76
2.4.2.	Costo de mano de obra.....	80
2.4.3.	Inversión total	82

III. CONCLUSIÓN.....	84
IV. RECOMENDACIÓN	85
V. BIBLIOGRAFÍA.....	86
VI. ANEXOS.....	i
6.1. Anexo 1. Caracterización climática de la zona	i
6.2. Anexo 2. Caracterización física de la zona	xv
6.3. Anexo 3. Diseño de la obra.....	xxviii
6.4. Anexo 4. Costo de realización de la obra	xxix
6.5. Anexo 5. Galería de fotos	xxxii
6.5.1. Reconocimiento.....	xxxii
6.5.2. Pruebas de infiltración	xxxiii
6.5.3. Pruebas de laboratorio	xxxiv

Índice de tablas

Tabla 1. Densidad aparente según el tipo de textura	9
Tabla 2. Categorización del valor de pH	9
Tabla 3. Clasificación de conductividad eléctrica.....	10
Tabla 4. Tamaño de la cuenca	14
Tabla 5. Índice de compacidad de Gravelius	15
Tabla 6. Pendiente de la cuenca	16
Tabla 7. Coeficiente de escorrentía	18
Tabla 8. Matriz de operacionalización.....	29
Tabla 9. Datos históricos de precipitación (mm) promedio en ambas estaciones meteorológica	43
Tabla 10. Datos históricos de temperatura (°C) promedio en ambas estaciones meteorológicas	46
Tabla 11. Evapotranspiración por el método de Hargreaves.....	49
Tabla 12. Resultados de pruebas de textura del suelo.....	56
Tabla 13. Resultados de pruebas de densidad aparente	57
Tabla 14. Resultados de pruebas de pH.....	58
Tabla 15. Resultados de pruebas de conductividad eléctrica.....	59
Tabla 16. Resultados de pruebas de infiltración	60
Tabla 17. Resultados de forma de la cuenca.....	64
Tabla 18. Resultados de los parámetros de relieve.....	66
Tabla 19. Resultados de la red de drenaje	68
Tabla 20. Diseño geométrico de la obra de captación.....	72
Tabla 21. Costo de materiales de la cerca perimetral.....	77
Tabla 22. Costo de materiales del portón	78

Tabla 23. Costo de material geo sintético	78
Tabla 24. Costo de materiales del sifón	79
Tabla 25. Costo total de los materiales	80
Tabla 26. Costo de mano de obra	81
Tabla 27. Inversión total de la obra	82
Tabla 28. Precipitación anual estación El Boquete	i
Tabla 29. Precipitación anual estación San Isidro de la Cruz Verde	ii
Tabla 30. Temperatura mínima anual estación El Boquete	iv
Tabla 31. Temperatura media anual estación El Boquete	v
Tabla 32. Temperatura máxima anual estación El Boquete	vii
Tabla 33. Temperatura mínima estación San Isidro de la Cruz Verde	viii
Tabla 34. Temperatura media anual estación San Isidro de la Cruz Verde	x
Tabla 35. Temperatura máxima anual estación San Isidro de la Cruz Verde	xi
Tabla 36. Evapotranspiración por hargreaves estación El Boquete	xiii
Tabla 37. Evapotranspiración por hargreaves estación San Isidro de la Cruz Verde	xiii
Tabla 38. Balance climático	xiv
Tabla 39. Prueba de infiltración "El Venado"	xv
Tabla 40. Prueba de infiltración "Los Limones"	xviii
Tabla 41. Prueba de infiltración "La Cantera"	xxii
Tabla 42. Prueba de infiltración "La Pileta"	xxv

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de la unidad hidrológica	27
Figura 2. Permeámetro de Guelph	35
Figura 3. Mapa de localización geográfica	42
Figura 4. Precipitación media mensual 1991-2021	44
Figura 5. Mapa de distribución de precipitaciones	45
Figura 6. Temperatura media mensual 1991-2021	47
Figura 7. Mapa de variación de temperatura	48
Figura 8. Evapotranspiración mensual 1991-2021	49
Figura 9. Relación Precipitación - Evapotranspiración	50
Figura 10. Balance climático	52
Figura 11. Mapa de formaciones geológicas	53
Figura 12. Mapa de distribución taxonómica	54
Figura 13. Taxonomía del suelo	55
Figura 14. Curvas de infiltración	60
Figura 15. Cobertura y uso de suelo	61
Figura 16. Mapa de distribución del uso del suelo	62
Figura 17. Mapa de cuencas hidrográficas	65
Figura 18. Mapa de pendientes topográficas	67
Figura 19. Mapa de flujo de agua	70

Figura 20. Plano del diseño estructural de la obra de captación	74
Figura 21. Plano estructural del cercado perimetral	75
Figura 22. Curva de infiltración prueba "El Venado".....	xviii
Figura 23. Curva de infiltración prueba "Los Limones"	xxi
Figura 24. Curva de infiltración prueba "La Cantera"	xxiv
Figura 25. Curva de infiltración prueba "La Pileta"	xxviii
Figura 26. Sitio idóneos para el establecimiento de obras de cosecha de agua.....	xxviii
Figura 27. Cotización de materiales de cercado y portón.....	xxix
Figura 28. Cotización de material geo sintético	xxx
Figura 29. Cotización de materiales del sifón	xxxi

Índice de ecuaciones

Ecuación (1) Evapotranspiracion por Hargreaves modificado	33
Ecuación (2) Coeficiente de Graveluis	36
Ecuacion (3) Densidad de corriente.....	36
Ecuacion (4) Densidad de drenaje	37
Ecuacion (5) Ttiempo de concetracion de Bransby-Williams.....	37
Ecuacion (6) Escorrentia	38
Ecuacion (7) Balance hidrológico.....	38
Ecuacion (8) Angulo de inclinacion	39

I. INTRODUCCIÓN

Pese a poseer la mayor cantidad de fuentes de agua dulce de Centroamérica, Nicaragua ya se enfrenta a una crisis extrema del recurso, debido al cambio climático y la falta de reforestación, que cada vez hace menos posible la infiltración de agua en el subsuelo desde donde se abastece el noventa por ciento del país mediante pozos (LA PRENSA 2015).

La falta de agua es una realidad que no se ignora porque afecta negativamente el desarrollo social del país. Una de las soluciones para hacer frente a la escasez de agua se refiere al aprovechamiento eficiente de la precipitación pluvial, es decir, el agua de lluvia.

Las técnicas actuales para la captación de agua de lluvia tienen sus raíces en métodos empíricos desarrollados por civilizaciones antiguas de Mesoamérica, Sudamérica y otras partes del mundo. De acuerdo con Velasco et al. (2000), en los últimos años, se han perfeccionado muchas técnicas gracias al aporte de diferentes instituciones y países.

Para Anaya et al. (2018), los sistemas de recolección de agua de lluvia ofrecen una solución efectiva para enfrentar la escasez de este recurso esencial, garantizando un suministro constante y adecuado. Estos sistemas tienen en cuenta aspectos como la cantidad, calidad y continuidad del agua, y pueden ser utilizados para una variedad de propósitos, incluyendo el consumo humano y animal, así como para la producción agrícola, ganadera, forestal e industrial.

Este trabajo investigativo tiene como objetivo diseñar un sistema de captación de agua de lluvia mediante esorrentía para uso agropecuario en la finca Los Silva, situada en la comarca El Reventón del municipio de Villa El Carmen, Departamento de Managua, Nicaragua.

II. ANTECEDENTES

Moncada, et al. (1994). A través del proyecto sistemas agrosilvopastoriles sostenibles para pequeños productores del trópico seco de Centro América del CATIE, demuestra que los sistemas de captación de agua por medio de techos y su almacenamiento es una tecnología de gran pertinencia y aceptación en el medio rural, donde se identificaron dos sistemas de almacenamiento, pilas y reservorios, siendo la capacidad de las pilas de entre 1.03 m³ a 4.40 m³, por otro lado los reservorios cuentan con una capacidad de almacenamiento de 36 m³.

Ochoa, et al. (2003), realizaron el diseño de un embalse recolector de aguas de lluvias conectado a un sistema de potabilización que se basa en un sedimentador y un filtro lento de arena, conectado a dos tanques en El Cantón “El Progreso”, Departamento de La Libertad, El Salvador. Donde se obtuvo de forma eficiente, una dotación de 11 litros/persona/día.

Cajina (2006), llevo a cabo un análisis de las alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua. Con el objetivo de determinar en forma participativa, alternativas de captación de agua superficial, que permitan aprovechar de manera eficiente y sostenible el recurso hídrico, resultando 1.259 áreas potenciales en techo de viviendas para la captación de agua para uso de consumo humano y con esto disminuir la presión de demanda de servicio.

Martínez y López (2013), mediante un diseño de sistema de fertirrigación por goteo, utilizando cosecha de agua en techos, para cultivos cítricos injertos, Naranja Valencia, Limón Tahití y Mandarina, en el departamento de Masaya, municipio de La Concepción. Obteniendo el diseño de un sistema de almacenamiento y una estructura de techo, teniendo esta última las dimensiones de 20 m x 30 m, captando un volumen de agua pluvial anual de 640.752 m³ y un reservorio como sistema de

almacenamiento 10 m de ancho 20 m de largo y 3.5 m de hondo, teniendo un volumen de 700 m³.

Palacios y Vásquez (2014), ejecutaron la evaluación de los sistemas de captación de agua de lluvia en el casco urbano de Matagalpa, con el objetivo de evaluar e identificar el manejo, tratamiento del agua y la participación de la población en la captación de agua de lluvia. Dentro los resultados obtenidos indican que la población ejerce la actividad de captar agua de lluvia, pero que no le brindan el uso y manejo adecuado. Haciéndose necesario la mejora de la infraestructura del techo para poder captar mayor cantidad de agua y brindarle un buen manejo higiénico sanitario al agua captada.

Zelaya (2018), a través del diseño de un sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT) para consumo humano en el Centro de Capacitación Técnica el Espino, donde resulto que el sistema de captación proyectado cumple con los requerimientos necesarios para ser utilizado de manera eficiente, con un área de captación de agua de 582.36m²; una precipitación promedio mensual de 798.12mm; un volumen de agua recolectada de 418.31m³.

La importancia de abordar el diseño de sistemas sostenibles de captación de agua de lluvia radica en el rápido uso e implementación de tecnologías alternativas de suministro de agua de bajo costo para reducir el grave problema de la escasez de agua.

III. JUSTIFICACIÓN

La escasez de agua afecta ya a todos los continentes. Cerca de 1.200 millones de personas, casi una quinta parte de la población mundial, vive en áreas de escasez física de agua, mientras que 500 millones se aproximan a esta situación. Otros 1.600 millones, alrededor de un cuarto de la población mundial, se enfrentan a situaciones de escasez económica de agua (PNUD 2014).

En Nicaragua, a pesar de ser un país con abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos, el 31% de la población rural carece de acceso adecuado al agua (ECODES 2021). En los últimos 45 años, el país ha experimentado una rápida pérdida y degradación de sus recursos forestales, con una reducción cercana al 60% de la cobertura boscosa que existía a finales de la década de 1960 (MARENA 2019).

Además, Nicaragua es extremadamente vulnerable a los efectos del cambio climático, que ya han comenzado a alterar su clima. Las variaciones en las precipitaciones, las temperaturas elevadas y la disminución de caudales de los ríos están afectando negativamente las cosechas y provocando la pérdida de flora y fauna esenciales (Betanco y Zúniga 2016).

La finca donde se realizó esta investigación sufre de una falta de suministro constante de agua, lo que subraya la necesidad urgente de soluciones efectivas. Los problemas mencionados escasez de agua, cambio climático, deforestación y sequías generan una necesidad crítica de aprovechar el agua de lluvia de manera eficiente para mitigar la falta de recursos hídricos. Implementar un sistema de captación de agua de lluvia puede ofrecer una solución sostenible al proporcionar una fuente de agua confiable que puede ser utilizada para diversos propósitos, como la agricultura y la ganadería.

Así, el trabajo propuesto no solo aborda la crisis hídrica en la finca en cuestión, sino que también proporciona una solución replicable para otras áreas rurales afectadas por problemas similares. Los beneficiarios de esta investigación incluirán a agricultores, ganaderos y comunidades rurales que podrán mejorar su gestión del agua y enfrentar los desafíos de escasez de manera más efectiva.

Los responsables de la toma de decisiones, como gestores de recursos hídricos y responsables de políticas públicas, también podrán utilizar estos resultados para desarrollar e implementar estrategias sostenibles de manejo del agua en sus respectivas regiones.

A la vez, esta servirá de base para académicos y profesionales como manual para futuros diseños de sistemas de recolección de agua por escorrentía para uso agrícola y ganadero.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Diseñar una obra de captación de agua de lluvia para uso agropecuario en la finca Los Silva, comarca El Reventón, municipio de Villa El Carmen, Departamento de Managua, Nicaragua.

4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar los componentes físicos e hidroclimáticos de una unidad hidrológica de Villa El Carmen.
- Determinar las variables morfométricas de la unidad hidrológica de Villa El Carmen.
- Elaborar una propuesta de diseño de una obra de captación de agua de lluvia para consumo agropecuario en la finca Los Silva.
- Determinar los costos de la inversión de la obra de captación de lluvia en la finca Los Silva.

V. MARCO TEORICO

5.1. Componentes físicos e hidroclimaticos

Un análisis exhaustivo del sitio es un paso previo al diseño crucial. Este análisis se centra tanto en las condiciones existentes como en los posibles cambios futuros que pueden tener un impacto en el sitio y en la obra de propuesta (Narváez 2009).

5.1.1. Clima

Sposob (2016), sugiere que el clima es el conjunto de condiciones atmosféricas promedio que se dan en un área geográfica durante un determinado período de tiempo. Son los patrones y las tendencias atmosféricas que se dan con relación a la temperatura, la presión, los vientos, las lluvias, la nubosidad y la humedad. Mientras que, Espinoza (2012), indica que el clima como, el efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la tierra en rotación.

5.1.2. Precipitación

Fernández (2022), define que la precipitación es una fase del ciclo hidrológico que consiste en la caída de agua desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. La precipitación se produce como consecuencia de la condensación, es decir, por la acumulación de vapor de agua en la atmósfera. Por otro lado, Sánchez (2018), refiere que la precipitación, es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre, esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo.

5.1.3. Temperatura

De acuerdo con Rhoton (2023), la temperatura es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, de un objeto o del medio ambiente en general, medida por un termómetro. Dicha energía interna se expresa en términos de calor y frío. De

otra forma, Planas (2016), explica que la temperatura es una magnitud física que indica la energía interna de un cuerpo, o de un sistema termodinámico en general. Esta propiedad termodinámica únicamente describe un estado macroscópico.

5.1.4. Evapotranspiración

Brophy (2022), expresa que la evapotranspiración es el proceso por el cual el agua se transfiere de la tierra a la atmósfera, por el agua que sale del suelo (evaporación) y el agua que se pierde a través de las hojas y los tallos de las plantas (transpiración). Así mismo, la FAO (2006), denomina la evapotranspiración como la combinación de dos procesos: la pérdida de agua de la superficie del suelo ocasionada por la evaporación y la liberación de agua a la atmósfera debida a la transpiración de la vegetación en la región estudiada.

5.1.5. Taxonomía

Según Rothschuh (2023), la taxonomía es la ciencia de la clasificación que ordena bajo diferentes criterios. Normalmente, se hace en un orden jerárquico, y en la biología tiene especial relevancia porque permite organizar, conocer el origen y tener un consenso para nombrar a cada organismo. Por su parte, Sunderland (2012), define la taxonomía generalmente se refiere a la teoría y práctica de describir, denominar y clasificar cosas vivientes.

- Textura del suelo

Blanquer et al. (2010), denomino que la textura del suelo como la proporción de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo y que esta varía de unos horizontes a otros. A su vez, Rucks et al. (2004), expresa que la textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo; arena gruesa, arena media, arena fina, limo, arcilla.

- Densidad aparente

Montesdeoca y Cedillo (2011), plantean que la densidad o densidad absoluta es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Del mismo modo Velásquez (2021), sugiere que la densidad aparente expresa el cociente entre la masa del material y su volumen aparente, el cual incluye los huecos que se encuentran entre el material.

La densidad aparente se puede clasificar con respecto a su textura:

Tabla 1

Densidad aparente según el tipo de textura

Textura	Densidad Aparente (gr/cm ³)
Suelos orgánicos	0.2 - 0.6
Textura fina	1.0 - 1.3
Textura gruesa	1.3 - 1.8

Fuente: (Carbo 1999)

- pH

Para Osorio (2012), el pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o alcalinidad de las soluciones acuosas. De la misma manera Ondarse (2021), plantea que el pH es la concentración de iones de hidrógeno en una solución.

Tabla 2

Categorización del valor de pH

Rango	Categoría
Menor o igual a 4.5	Extremadamente ácido
4.6 - 5.0	Muy Fuertemente ácido
5.1 - 5.5	Fuertemente ácido

5.6 - 5.9	Moderadamente ácido
6.0 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino
Mayor a 9.0	Muy fuertemente Alcalino

Fuente: (Padilla Duarte 2019)

- Conductividad eléctrica

Ondarse (2024), explica que la conductividad eléctrica es la capacidad de la materia para permitir el flujo de la corriente eléctrica a través de sus partículas. Por otra parte, Artedínámico (2022), describe que la conductividad eléctrica de una disolución puede definirse como la aptitud de ésta para transmitir la corriente eléctrica, y dependerá, además del voltaje aplicado, del tipo, número, carga y movilidad de los iones presentes y de la viscosidad del medio en el que éstos han de moverse.

Tabla 3

Clasificación de conductividad eléctrica

CE (mS/cm)	Salinidad
<0,8	Baja
0,8-1,6	Media
1,6-3,0	Alta
3,0	Muy alta

Fuente: (Maher 2020)

- **Cobertura vegetal**

Camacho et al. (2003), refiere que la cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales. Mientras que, Campillo et al. (2016), indica que la cobertura Vegetal es la expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado.

5.1.6. Uso de suelo

Loft (2022), indica que el uso de suelo es muy importante porque permite determinar qué actividades se pueden realizar en la propiedad; en consecuencia, tramitar los permisos correspondientes tales como ambientales; entre otros. Por lo tanto, Esri (2023), lo describe como la clasificación del suelo en función de qué actividades tienen lugar en él o de qué modo las personas lo ocupan; por ejemplo, agrícola, industrial, residencial, urbano, rural o comercial.

5.1.7. Geología

El Instituto de Geología y Geofísica (2019), describe que a geología es la ciencia que estudia la Tierra, incluyendo su composición, estructura, procesos y la historia de su formación examinando las rocas, minerales, fósiles y los procesos que moldean el planeta. De otra forma, El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (2017), explica como la ciencia que estudia la Tierra en su totalidad, incluyendo su estructura, composición, procesos internos y externos, y cómo estos han influido en el desarrollo del paisaje terrestre y en la distribución de recursos naturales.

5.2. Cuenca hidrográfica

Gámez (2010), sugiere que las cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como “parteaguas”. Así mismo, Aguirre (2011), denomina que es el espacio del territorio en el cual naturalmente discurren todas las hacia un único lugar o punto de descarga (que usualmente es un cuerpo de agua importante tal como un río, un lago o un océano).

5.2.1. Cuenca hidrológica

Asensio, et al. (2010), define como toda el área o superficie del terreno que aporta sus aguas de escorrentía a un mismo punto de desagüe o punto de cierre. Por su parte, Gámez (2010), define que son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo.

5.2.2. Características de una cuenca

- Son los principales sistemas naturales que recolectan y transportan agua y sedimentos en los ríos y arroyos.
- La cantidad del líquido que tienen va a depender de la cantidad de lluvias que se presenten en la zona.
- Su cantidad de agua puede verse reducida por el uso que el ser humano le dé a la cuenca.
- El área de la cuenca se mide en kilómetros cuadrados.
- La superficie de la cuenca está definida por su contorno.

5.2.3. Afluente

De acuerdo con Camacho (2016), un afluente corresponde a curso de agua, también llamado tributario que desemboca en el mar, si no en otro río más importante con el cual se en lugar llamado confluencia. A su vez, Valdivielso (2020), expresa que un afluente es como un arroyo o río secundario que desemboca en otro principal.

5.2.4. Efluente

Bordino (2023), expresa que son cuerpos de agua secundarios que se desprenden a partir de un río principal. Se caracterizan a grandes rasgos por ser naturales, como los que se encuentran en los deltas fluviales, o artificiales, como los canales derivados. Del mismo modo, Márquez (2021), sugiere que los afluentes son ríos secundarios que se unen en una zona de confluencia a otros ríos principales, sobre los cuales desembocan.

5.2.5. Divisoria de agua

Según Mourelo (2010), una divisoria de agua es el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos. De la misma manera, Camacho (2016), lo plantea como el límite entre dos cuencas hidrográficas contiguas. Las de lluvias caídas a cada lado de las divisorias acaban siendo recogidas por los ríos principales de las cuencas o vertientes respectivas, pudiendo acabar en destinos muy diferentes.

5.2.6. Variables morfométricas de la cuenca

Porras (2017), denomina las características morfométricas corresponden a la aplicación de procedimientos que, a través del estudio de la morfología y

geomorfología, caracterizan los rasgos propios de las cuencas hidrográficas en valores numéricos, los cuales permiten comparar en forma exacta una parte de la superficie terrestre con otra. Por otra parte, Cardona (2019), describe que las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella.

- **Área de la cuenca**

Gámez (2010), plantea que el tamaño de la cuenca es una característica que influye en el escurrimiento superficial, ya que al incrementarse el tamaño se aumenta el volumen escurrido y los escurrimientos máximos. Mientras que, Rojo (2014), indica que está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de esorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.

Las cuencas por su tamaño se les puede clasificar como:

Tabla 4

Tamaño de la cuenca

Carácter	Área (Km ²)
Pequeñas	< de 50
Medianas	De 50 a 150
Grandes	> de 150

Fuente: (Gámez Morales 2010)

- **Coefficiente de forma**

Para López (2016), el coeficiente de forma es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca. Por lo tanto, ATL (2009), lo refiere como un indicador preliminar de la onda de avenida que es capaz de generar.

Según el coeficiente determinado se clasifica la forma según el tipo de forma:

Tabla 5

Índice de compacidad de Gravelius

Valores de "K"	Tipos o clases de formas
De 1.00 a 1.25	De casi redonda a ovalada
De 1.26 a 1.50	De oval redonda a oval oblonga
De 1.51 a 1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Gámez Morales 2010)

- Relieve de la cuenca

Camacho (2016), explica que el relieve de una cuenca consta de valles principales y secundarios, con las formas de relieve mayores y menores y la red fluvial que conforma la cuenca. Está formado por montañas y sus flancos, por quebradas o torrentes, valles y mesetas. De otra forma, Vasconez et al. (2019), explica que el relieve de una cuenca hidrográfica a la forma que presenta la parte superficial de la corteza terrestre, su formación se debe a fuerzas internas de compresión que a lo largo de millones de años han formado las cadenas montañosas y a fuerzas externas como es la acción del agua y del viento.

- Pendiente de la cuenca

Gámez (2010), lo refiere como la relación porcentual que existe entre la diferencia de nivel dentro de la cuenca y la longitud máxima del área de drenaje. Así mismo, Asensio, et al. (2010), denomina que la pendiente de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general podemos decir que a mayor pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

En orden de magnitud se pueden admitir los siguientes valores de clasificación de los tipos de terrenos en función de la pendiente media:

Tabla 6

Pendiente de la cuenca

Pendiente media, %	Tipo de terreno
(0-2]	Plano
(2-5]	Suave
(5-10]	Accidentado medio
(10-15]	Accidentado
(15-25]	Fuertemente accidentado
(25-50]	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: (Gámez Morales 2010)

- Densidad de corrientes

Villegas (2013), indica que la densidad de drenaje de una cuenca es la relación entre la longitud total de los cauces dentro de una cuenca, dividida por la superficie total de la cuenca. Por su parte, Gámez (2010), define que esta Indica la eficiencia de drenaje de una cuenca, pero debe manejarse con criterio, debido a que puede ocurrir que se tengan dos cuencas diferentes con la misma densidad de corrientes y estar drenadas en diferente forma, dependiendo de la longitud y disposición de sus corrientes.

- Densidad de drenaje

Gutiérrez (2013), describe que la capacidad que presenta una cuenca para evacuar las aguas que discurren por su superficie. A su vez, la Autoridad Nacional del Agua (2019), expresa que es la relación entre la longitud total de los cursos de agua: efímeros, intermitentes o perennes de una cuenca y el área total de la misma.

- **Coefficiente de ramificación**

Ochoa (2023), lo sugiere como la relación entre el número total de canales y la longitud total de los canales en la cuenca. Del mismo modo, Camacho (2016), lo sugiere como el coeficiente de ramificación que da indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida fluye con continuidad. Posee un caudal determinado, rara vez es constante a lo largo del año, y desemboca en el mar, en un lago en otro río, en cuyo caso se denomina afluentes.

5.3. Parámetros de diseño de una obra de captación

Se entiende por parámetros de diseño, al conjunto de disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones que se debe establecer, para la realización de una obra de captación. (Villafuerte 2010).

5.3.1. Estudio hidrológico

Se entiende por parámetros de diseño, al conjunto de disposiciones, requisitos, condiciones e instrucciones que se debe establecer, para la realización de una obra de captación. (Villafuerte 2010).

5.3.2. Escorrentía

Valdivielso (2020), define que la escorrentía es un proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial. La escorrentía es uno de los procesos básicos que se incluye en el ciclo del agua. De la Sposob (2023), plantea que la escorrentía es el flujo de agua que, por no ser absorbida por la superficie, se desplaza sobre tierra.

Para determinar la escorrentía se hace necesario el uso del coeficiente de escorrentía el cual varía en dependencia de la pendiente, la cobertura vegetal y la permeabilidad del suelo:

Tabla 7

Coeficiente de escorrentía

Cobertura vegetal	Permeabilidad del suelo	Pendiente del terreno				
		<u>Pronunciada</u> > 50	Alta 20-50	Media 5-20	Suave 1-5	Depreciable 0-1
Sin vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.40	0.55	0.50
	Semipermeable	0.80	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pasto, vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.50	0.25	0.20	0.15
Hierba	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.35	0.20	0.15	0.10
Bosque, vegetación densa	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermeable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.10	0.10	0.05

Fuente: Benítez et al. (1980).

5.3.3. Velocidad de infiltración

Delgadillo y Pérez (2016), definen la velocidad de infiltración como la capacidad de admisión de agua de un terreno desde la superficie al interior del mismo. En otros términos, es la relación entre la lámina de agua infiltrada y el tiempo que tarda en

infiltrarse esa lámina. Por otra parte, Muñoz y Miranda (1985), describe que la velocidad de infiltración es un factor determinante del tiempo de riego, el que se puede definir como el número de horas o minutos en que el agua debe escurrir sobre el suelo para que penetre y moje la zona de raíces de los frutales.

5.3.4. Sistema de cosecha de agua

De acuerdo con Consejo y Hernández (2018), la cosecha de agua es una práctica de bajo costo que requiere un mínimo de conocimiento para su instalación, proporcionando múltiples beneficios. Este sistema puede ser usado como una fuente principal durante el periodo de lluvia o puede ser complementario a otras fuentes de agua. Mientras que, Icochea (2016), indica que es un término que engloba a muchas técnicas para realizar la recuperación del agua que se ha sido sembrada.

- Componentes de un sistema de cosecha de agua

Estos sistemas de cosecha de agua se componen de tres partes:

- Área de recarga: Es el área más alta de la finca. Son esos cerros o laderas, preferiblemente cubiertas de bosques, desde donde baja la escorrentía hacia el sitio donde está construida o por construir la obra o reservorio.
- Obra de almacenamiento de agua: La obra de cosecha de escorrentía es una estructura ingenieril que tiene como objetivo captar y almacenar agua de lluvia.
- Área productiva para uso del agua cosechada: Es área productiva donde se aprovechará el agua cosechada. Este terreno debe estar lo más cerca posible de la obra y en una parte más baja, para que el agua llegue por gravedad, es decir por su propia fuerza. En caso contrario, habrá que bombear el agua con un motor (CATIE 2020).

- Tipos de sistemas de cosecha de agua

Para cosechar el agua se requieren técnicas relativamente sencillas, pero que resultan muy importantes para las principales actividades del campo e incluso el consumo humano (CATIE 2020).

- Microcaptación: Consiste en captar la escorrentía (agua de lluvia que corre libremente sobre la superficie de un terreno) generada dentro del propio terreno de cultivo, para hacerla infiltrar y ser aprovechada por los cultivos.
- Macrocaptación: Es similar a la anterior, pero en áreas más grandes, sin o con escasa cobertura vegetal, para que genere un volumen considerable de flujo superficial hacia el área de cultivo.
- Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas: Estas técnicas son útiles para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas. Su utilización puede tener diferentes finalidades, desde riego, abrevadero y hasta consumo doméstico.
- Cosecha de agua de techos de vivienda y otras estructuras impermeables: Consiste en captar la escorrentía producida en techos de viviendas y establos, patios de tierra batida, superficies rocosas.
- Captación de aguas subterráneas y freáticas: En muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, disponibilidad y modalidad de extracción.
- Captación de agua atmosférica: En algunas condiciones de clima y orografía, es factible la captura y aprovechamiento de la humedad atmosférica que se desplaza cerca de la superficie en forma de niebla (CATIE 2020).

5.3.5. Escurrimiento superficial

Vasconez et al. (2019), expresa que el escurrimiento es el flujo de agua sobre la superficie del terreno sin un cauce definido, que corre en todas direcciones. El

escurrimiento superficial, viaja por la superficie del terreno hacia los cauces durante y después de ocurrida la precipitación y está determinado por las propiedades hidrofísicas de los suelos. Por lo tanto, Gámez (2010), refiere que es la porción más rápida de la escorrentía, no se infiltra en ningún momento y llega a la red de drenaje moviéndose por la superficie del terreno por acción de la gravedad.

5.3.6. Balance hídrico

Según Gámez (2010), es la evaluación cuantitativa de la economía hídrica en un lugar y tiempo determinado. Permite establecer cuantitativamente los recursos de agua existentes y, por tanto, planificar su utilización tanto para la agricultura como para los otros diversos usos que el hombre hace de ella. De otra manera, Rotoplas (2021), explica que el balance hídrico consiste en mantener un equilibrio entre la cantidad de agua que sale de un sistema y la cantidad de agua que entra en un periodo determinado.

5.3.7. Sistemas de información geográfica SIG

Universitat Carlemany (2023), lo denomina como un sistema de información geográfica (SIG o GIS) es una de las herramientas que nos permite interpretar los datos espaciales para aplicarlos en diferentes sectores y con distintas finalidades. Así mismo, García (2021), lo denomina como un sistema de información diseñado para trabajar con datos referenciados mediante coordenadas espaciales o geográficas..

- Tipos de sistemas de información geográfica

Existen 5 tipos de SIG, que se diferencian unos de otros por sus objetivos y funcionalidades.

- Visualización de datos: Lo único que permiten es ver la información y, en algunos casos, hacer análisis muy básicos de la misma.
- Programas SIG de escritorio: Estos sistemas permiten ejecutar análisis de carácter avanzado, pero no son muy potentes en lo que se refiere a la estructuración de datos procedentes de distintas fuentes.
- Programas profesionales: Permiten gestionar los datos de manera eficiente independientemente de que procedan de una o de varias fuentes. También permiten explotar los datos con una multitud de finalidades, como la de hacer mapas o servir de alimentación a programas SIG web.
- Programas SIG para web: mediante un entorno web, estos programas basados en software de visualización de datos, permiten acceder a información geolocalizada y analizarla.
- Programas específicos: Aquellos que se desarrollan para cubrir una función específica y que suelen estar limitados en cuanto al almacenamiento o la capacidad de procesamiento de los datos. Un ejemplo son las PDA o los sistemas de GPS (Universitat Carlemany 2023).

- **Componentes principales de los sistemas de información geográfica**

A grandes rasgos, podemos decir que son 5 los componentes básicos de un SIG: equipo humano, software, hardware, métodos y, por supuesto, datos.

- Datos: Los datos son cruciales. Sin ellos, los sistemas de información geográfica no pueden trabajar. Los datos son la base sobre la que se construyen los mapas y también son las piezas clave de los análisis. Sin datos, evidentemente, no hay nada que analizar.
- Software: Todas las variantes de análisis de datos cuentan con software específico, adaptado al tipo de datos con los que tratan. El caso de los sistemas de información geográfica no es distinto.
- Hardware: Ninguna pieza de software funciona sin un hardware adecuado, así que los sistemas de información geográfica requieren de un ordenador

para funcionar. Dependiendo del sistema utilizado, los requisitos del ordenador serán diferentes. La potencia de la máquina es una cuestión clave en este sentido.

- Equipo humano: Técnicos o analistas y programadores son la base del equipo humano necesario para que el SIG funcione y para darles utilidad a los datos recabados por el mismo. De hecho, el perfil SIG es uno de los más demandados en este momento. En algunos sectores, incluso, se exige un perfil especializado.
- Procesos: Son los perfiles profesionales especializados en SIG quienes deben diseñar los procesos adecuados para sacar todo el partido a los datos. De ellos depende que los resultados del SIG se adapten a la estrategia empresarial e incluso que la mejoren (Universitat Carlemany 2023)

5.4. Costo y presupuesto de una obra de captación

Coronado (2017), plantea que un presupuesto de obra de un proyecto de construcción es muy considerable por ser el documento básico que establece el marco económico para la ejecución de las obras.

5.4.1. Costos

Para Wicitec (2018), el costo está determinado por el valor de los recursos a utilizarse en la ejecución del proyecto. Por su parte, Obando (2018), lo define como la suma que nos dan los recursos (materiales) y el esfuerzo (mano de obra) que se hayan empleado en la ejecución de una obra.

5.4.2. Costos directos

Obando (2018), explica que son todas aquellos gastos que se tiene que efectuar para construir la obra, tienen la particularidad de que casi siempre éstos se refieren a materiales, mano de obra, maquinaria y equipos que quedan físicamente

incorporados a la obra terminada. A su vez, CORASCO (2008), expresa que son los costos previstos en que se debe incurrir directamente para utilizar o adquirir e integrar los recursos necesarios, en la cantidad o en el tiempo que sean necesarios, para realizar una actividad de construcción.

- **Costo de mano de obra**

Torrealba (2020), refiere que este contempla un componente salarial, cancelado directamente a la persona periódicamente y un costo asociado al sueldo, el cual depende de las condiciones laborales (seguros, prestaciones, vacaciones y otros beneficios). Del mismo modo, Wicitec (2018), sugiere que es el costo diario o por hora determinando el número de personal necesario para realizar una actividad; salario y costos de beneficios sociales.

- **Costo de maquinaria y equipos**

CORASCO (2008), indica que es el costo previsto por el tipo y la cantidad de maquinaria o de equipos de construcción que deben ser utilizados en la ejecución de una actividad o de un concepto de obra en el período de tiempo que sea requerido. De la misma manera, Wicitec (2018), plantea que si se cuenta con éstos, caso contrario tendrán que ser alquilados.

- **Costo de materiales**

Wicitec (2018), describe que se analizan las cantidades, rendimiento y desperdicio, además se determinan los precios de compra en el mercado. Se llevan a cabo las conversiones de unidades necesarias para expresar el costo en la unidad de medida determinada. Por otra parte, CORASCO (2008), describe que es el costo previsto por la adquisición, traslado y utilización del tipo y la cantidad de materiales de construcción que deben ser incorporados en la ejecución de una actividad o de un concepto de obra.

5.4.3. Costos indirectos

CORASCO (2008), sugiere que son los costos previstos en que se debe incurrir de manera global o generalizada para realizar la construcción, mantenimiento o reparación de un “sitio crítico” de la red en la jurisdicción de una municipalidad en un plazo establecido, sin que puedan ser aplicados directamente en la realización de una actividad o un concepto de obra. Mientras que, Wicitec (2018), indica que son los recursos que participan en las actividades de la obra pero no de forma directa.

Los costos indirectos pueden ser:

- Sueldos y gastos de las áreas funcionales.
- Teléfono.
- Electricidad.
- Papelería.
- Insumos.
- Alquiler de oficinas y locales corporativos.
- Impuestos.

5.4.4. Presupuesto

Rodríguez (2022), define que es el proceso que consiste en sumar los costos estimados de las actividades individuales o paquetes de trabajo de cara a establecer una línea de base de costos autorizada. Por lo tanto, CORASCO (2008), refiere que el presupuesto es el cálculo anticipado del costo total estimado para ejecutar la construcción.

VI. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. Descripción del área de estudio

Este trabajo investigativo fue llevado a cabo en el municipio de Villa el Carmen, ubicado en el departamento de Managua, El municipio abarca una extensión territorial de 562.01 Km² y se sitúa a una elevación aproximada de 100 m.s.n.m. Geográficamente, se encuentra entre las coordenadas 11°58' latitud norte y 86°30' longitud oeste.

Limita:

Al Norte - Municipio Mateare.

Al Sur - Municipio de San Rafael del Sur.

Al Este - Municipio de Crucero.

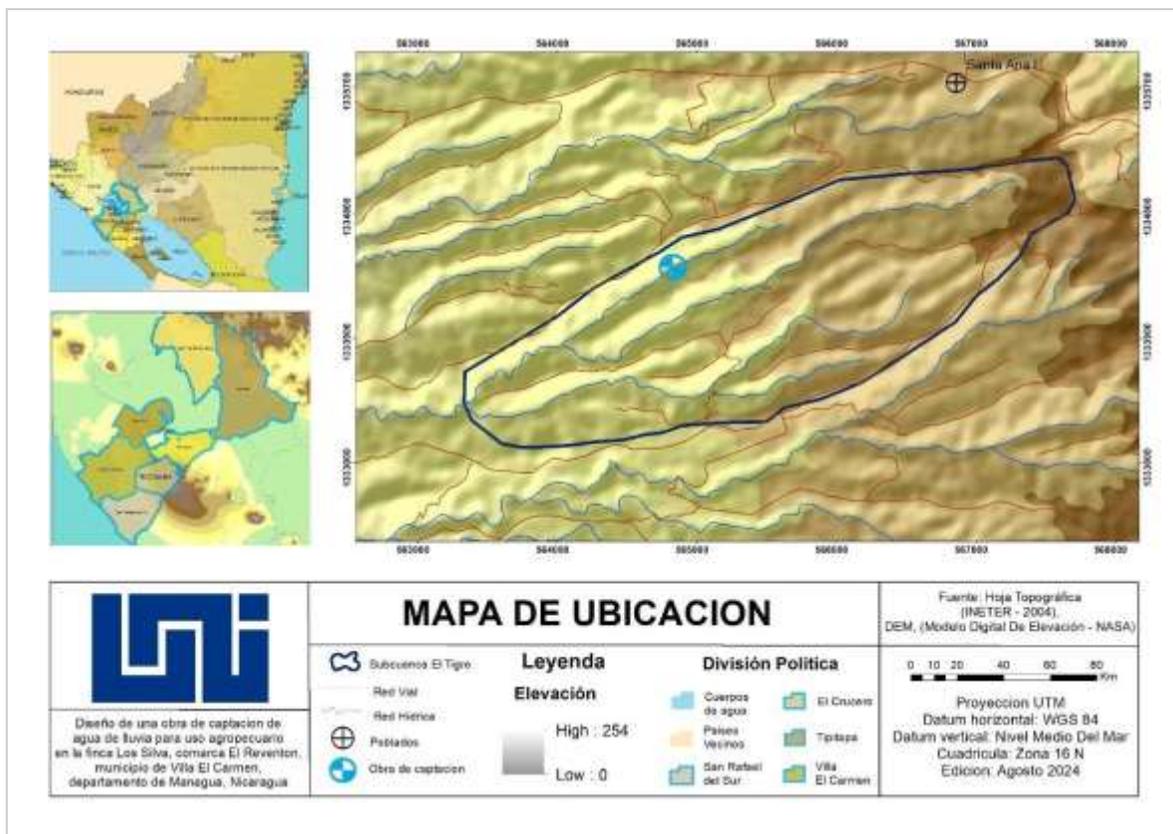
Al Oeste - Municipio de Nagarote y el Océano Pacífico.

Al Noroeste - Municipio de Ciudad Sandino y el Municipio de Managua.

La finca Los Silva se encuentra ubicada en la comarca El Reventón que forma parte del municipio de Villa El Carmen, la finca se encuentra a una distancia de 15.5 kilómetros del centro del municipio. En términos de ubicación geográfica, la finca se sitúa entre las coordenadas 12°4' latitud norte y 86°24' longitud oeste.

Figura 1

Ubicación de la unidad hidrológica



Fuente: Elaboración propia

6.2. Diseño de la investigación

La investigación llevada a cabo es de tipo no experimental de corte transversal, el cual según Sampieri (2014), se realiza sin la manipulación deliberada de variables y en los que se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos, concepto que se acopla directamente con el desarrollo de la investigación puesto que las variables en estudio de las condiciones hídricas de la unidad hidrológica se limitaron a ser observadas por los integrantes de la investigación.

Con un enfoque cuantitativo, esta investigación siguió una serie de secuencias metodológicas que comenzaron con la recopilación exhaustiva de datos del área de

estudio. El proceso inicial incluyó la determinación precisa de los parámetros relevantes, fundamentales para el desarrollo del diseño. Se llevó a cabo un minucioso trabajo de campo para recoger información directa sobre las características físicas y ambientales del área en cuestión.

Este trabajo de campo tuvo como objetivo complementar y validar la información obtenida de referencias bibliográficas y otras fuentes secundarias. De este modo, se garantizó una base sólida y bien fundamentada para el desarrollo del diseño, integrando tanto los datos empíricos recopilados como el conocimiento teórico disponible en la literatura especializada.

1.1. Metodología

A continuación, se brinda una descripción de cada paso metodológico que se creará en este estudio para lograr los objetivos planteados.

Tabla 8*Matriz de operacionalización*

Objetivo	Variables	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Unidades de análisis	Método, técnica o instrumento
Caracterizar los componentes físicos e hidroclimáticos de una unidad hidrológica de Villa El Carmen	Medio físico e hidrológico	Clima	Precipitación y temperatura	Datos climáticos	Milímetros y grados Celsius	Procesamiento estadístico y Data Access Viewer
		Geología	Cartografía geológica	Unidades geológicas	Mapeo geológico	Reconocimiento de campo y ArcGis
		Suelo	Taxonomía de suelos	Textura y suelo	Mapeo de cobertura y uso de suelo	Reconocimiento de campo, calicatas, granulometría, ArcGis y procesamiento de laboratorios
		Geomorfología	Relieve	Unidades geomorfológicas	Mapeo geomorfológico	ArcGis

Determinar las variables morfométricas de la unidad hidrológica de Villa El Carmen.	Caracterización morfológica	Forma de la cuenca	Coficiente de compacidad	Perímetro de la cuenca	Km	Procesamiento estadístico y ArcGis
			Factor de forma	Área de la cuenca	Km ²	
				Longitud del rio principal	Metros	
			Parámetros de relieve	Longitud total de los ríos	Metros	
		Numero de ríos		Adimensional		
		Numero de ríos de primer orden				
		Red de drenaje	Pendiente de la cuenca y cauce	Altura mayor	Metros	
			Densidad de drenaje	Altura menor	Metros	
				Altura media	Metros	
		Tiempo de concentración	Orden de los ríos	Adimensional		
Diseñar obra de captación	Parámetros de diseño	Variables	Balance hidrológico	Precipitación	mm	ArcGis, estadística

de agua de lluvia para consumo agropecuario		Escorrentía	m ³	Método racional
		ETP	mm	Procesamiento estadístico
		Infiltración	mm	Permeámetro de Guelph
		Volumen de captación	m ³	
		Volumen de escurrimiento	m ³	Método de cubicación
		Volumen de diseño	m ³	
	Diseño de la obra	Dimensiones de construcción	m ²	
		Altura de los diques	m ²	AutoCAD
		Diseño de talud	m ²	
		Dimensiones del vertedero	m ²	
	Volumen a remover	m ³	Método de cubicación	
Variables		Mano de obra	Dólar	Excel

Determinar los costos de la inversión de la obra de captación	Determinación de costos	Costos directos	Costos indirectos	Maquinaria y equipos Materiales Impuestos
---	----------------------------	--------------------	----------------------	--

Fuente: Elaboración propia

1.1.1. Etapa 1. Caracterización de la zona de estudio

En esta etapa, se evaluó minuciosamente el sitio donde se diseñará la obra de cosecha de agua por escorrentía. Para comprender las propiedades del suelo, la disponibilidad de agua y otros factores pertinentes, se recopilaron datos del área. Esto incluye datos climáticos, hidrológicos y topográficos.

- Variables climáticas

Los datos meteorológicos esenciales como temperatura y precipitación, fueron obtenidos a través Data Access Viewer by NASA, donde se extrajeron los datos meteorológicos de la Estación Boquete y estación San Isidro de la Cruz Verde, ambas estaciones son las más cercanas al área de estudio, evaluándose un periodo de 30 años (1991-2021).

- Evapotranspiración

La evapotranspiración mensual se determinó mediante el método de Hargreaves modificada, ecuación (1), utilizando datos de precipitación, temperatura mínima, temperatura media, temperatura máxima y radiación solar extraterrestre.

$$ET_0 = 0.0023(t_{med} + 17.78)R_0 * (t_{max} - t_{min})^{0.5} \quad (1)$$

Donde:

- E_{t_0} : Evapotranspiración potencial, mm/día.
- t_{med} : Temperatura media, °C.
- R_0 : Radiación solar extraterrestre, mm/día (tabulada).
- t_{max} : Temperatura máxima, °C.
- t_{min} : Temperatura mínima, °C.

- Muestreo de suelo

Se realizó un muestreo de suelo empleando un método en zigzag, obteniendo 4 muestras aleatorias, alteradas e inalteradas en una área de 4.82 Km², las cuales se procesaron en el laboratorio de edafología de la UNI, así también se realizó una calicata de 1mx1mx1m, en la que se realizó una inspección visual del grado de compactación del terreno, profundidad del suelo, presencia o no de capas impermeables y la estructura del suelo.

Los resultados de densidad aparente se caracterizaron mediante la tabla de Carbo (Tabla 1. Densidad aparente según el tipo de textura), que permitió una evaluación precisa de esta propiedad.

Para el análisis del pH, se empleó la tabla de caracterización de pH propuesta por Padilla (Tabla 2. Categorización del valor de pH), que facilitó la evaluación detallada del nivel de acidez o alcalinidad de las muestras. Además, la conductividad eléctrica se determinó mediante la tabla de clasificación de Salinidad de Maher (Tabla 3. Clasificación de conductividad eléctrica), la cual proporcionó una clasificación adecuada del contenido salino.

- Pruebas de infiltración

Se realizaron las pruebas de infiltración en conjunto con el muestreo de suelo, a través de estas pruebas se evaluó la cantidad de agua que penetra en el suelo en un determinado tiempo y se determinó la permeabilidad del suelo. Se realizaron las pruebas empleando el permeámetro de Guelph, que permitió una medición in situ para determinar la conductividad hidráulica del suelo y su capacidad de absorción.

Figura 2

Permeámetro de Guelph



Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería

1.1.2. Etapa 2. Determinación de las variables morfométricas

En esta etapa, la evaluación de parámetros de diseño de una obra de captación se basó en información recopilada en campo, referencias bibliográficas y software de Información Geográfica. La que contribuyó a determinar con base el análisis e interpretación de los resultados para el diseño de una obra de captación.

- Delimitación de la cuenca

La delimitación de la cuenca se llevó a cabo utilizando la herramienta Global Watersheds, la cual permitió definir los límites basándose en variables morfométricas. Además, se empleó el software ArcGIS para ajustar la configuración de la cuenca, adaptándola de manera precisa al relieve del terreno

- **Tamaño de la cuenca**

El tamaño de la cuenca, se obtuvo a través del software ArcGis, y según su tamaño se clasificó la cuenca (Tabla 4. Tamaño de la cuenca).

- **Coefficiente de forma**

El coeficiente de forma se determinó mediante el coeficiente de Gravelius, ecuación (2), según el coeficiente determinado se clasificó la forma según el tipo de forma (Tabla 5. Índice de compacidad de Gravelius).

$$K = \frac{0.28 * P}{A^{0.5}} \quad (2)$$

Donde:

- K: Coeficiente de compacidad o de Gravelius.
- P: Perímetro de la cuenca, Km.
- A: Área de la cuenca, Km².

- **Pendiente de la cuenca**

La pendiente de cuenca se determinó mediante de la diferencia de sus cotas, obtenidas a través de mapas topográficas, en orden a la pendiente se clasificó el terreno (Tabla 6. Pendiente de la cuenca).

- **Densidad de corriente**

La densidad de corriente se determinó mediante la relación existente entre el número de corrientes y el área drenada, ecuación (3).

$$Dc = \frac{Nc}{A} \quad (3)$$

Donde:

- Dc: densidad de corrientes, c/ km².
- Nc: número de corrientes, c.
- A: área total de la cuenca, en km².

- **Densidad de drenaje**

La densidad de drenaje se determinó mediante la ecuación (4).

$$Dd = \frac{Lc}{A} \quad (4)$$

Donde:

- Dd: densidad de drenaje, en km.
- Lc: longitud total de las corrientes, en km.
- A: área total de la cuenca, en km².

- **Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración es una variable crítica en el análisis hidrológico y se ha determinado mediante el uso de la ecuación de Bransby-Williams (5).

La ecuación de Bransby-Williams se basa en factores geométricos y características del terreno, proporcionando una estimación precisa del tiempo de concentración en función de la longitud y la pendiente del área de captura.

$$t_c = 14.6 * L * A^{-0.1} * S^{-0.2} \quad (5)$$

Donde:

- tc: Tiempo de concentración, min.
- L: Longitud del río principal, km.
- A: Área total de la cuenca, en km².

- S: Pendiente media de la cuenca, m/m

1.1.3. Etapa 3. Diseño de la obra de captación

En esta etapa, se realizó el diseño de la obra de captación de agua de lluvia por escorrentía, representada de forma gráfica detallada y a escala con el Software AutoCAD.

- Escorrentía

Para el cálculo de la escorrentía anual (mm) en la cuenca se utilizó el método racional, ecuación (6) y obteniendo el valor de coeficiente de escorrentía de (Tabla 7. Coeficiente de escorrentía)

$$E = C * I * A \quad (6)$$

Donde:

- E: Escorrentía, m³/ s.
- C: Coeficiente de escorrentía, m³/ s.
- I: Intensidad de precipitación, mm/hr.
- A: Área total de la cuenca, en km².

- Balance hidrológico

El balance hidrológico se determinó a través de la formula general, ecuación (7).

$$\text{Balance hidrológico} = \text{Precipitación} - \text{ETP} \quad (7)$$

- **Diseño de la obra**

Los criterios para el diseño de la obra se establecieron conforme a las directrices y recomendaciones del Manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía del MEFCCA et al. (2018).

La aplicación de estas directrices asegura que el diseño cumpla con los estándares establecidos y responda adecuadamente a los requerimientos técnicos y operacionales, promoviendo la eficiencia y durabilidad de la obra.

- **Selección del talud**

En el diseño de un reservorio, la elección adecuada del talud es esencial para asegurar la estabilidad de las paredes del embalse y evitar posibles deslizamientos o fallos estructurales.

Para determinar el talud más adecuado, se utiliza el ángulo de inclinación calculado con la siguiente fórmula:

$$\theta = \arctan \left(\frac{h}{d} \right) \quad (8)$$

Donde:

- θ : Angulo de inclinación.
- h: Altura vertical, m.
- d: Distancia horizontal, m.

Al aplicar la fórmula del ángulo, se puede seleccionar el talud más adecuado para el reservorio. Esto asegura un diseño que optimiza tanto la estabilidad como la capacidad funcional de la obra, garantizando su efectividad a lo largo del tiempo.

- **Diseño de la cerca perimetral**

Para el diseño de la cerca, se ha utilizado el mismo Manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía del MEFCCA et al. (2018), que se aplicó en el diseño de la obra principal. Este manual ofrece directrices detalladas que aseguran que todos los elementos estructurales, incluyendo la cerca, cumplan con los estándares técnicos y de seguridad requeridos.

Al seguir las recomendaciones del manual, se garantiza que la cerca no solo se integre adecuadamente con la infraestructura existente, sino que también respete los requisitos de calidad y funcionalidad establecidos para el proyecto en su totalidad.

1.1.4. Etapa 4. Elaboración del presupuesto del proyecto

En esta etapa, se determinaron los gastos asociados a la construcción de la obra de captación, la adquisición de materiales y la mano de obra de construcción, además es necesario tomar en cuenta los gastos de transporte, ya sea que se cuente con vehículos propios o se contraten servicios de transporte.

El presupuesto se realizó empleando el programa informático Excel. A lo largo del trabajo es útil aclarar que la moneda en la que se trabajara es el dólar americano, que al día 26 de noviembre del 2023, según el banco central de Nicaragua, el cambio se encontraba en 36.5894.

II. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.1. Caracterización de la zona

2.1.1. Ubicación

La zona en estudio se ubica en Villa El Carmen, la cual se encuentra circunscrita a la cuenca N° 68 una de las principales del departamento de Managua, que drena hacia el océano Pacífico, siendo los ríos principales de esta El Carmen, Santa Rita, San Diego, Sitolapa, Montelimar y Masachapa.

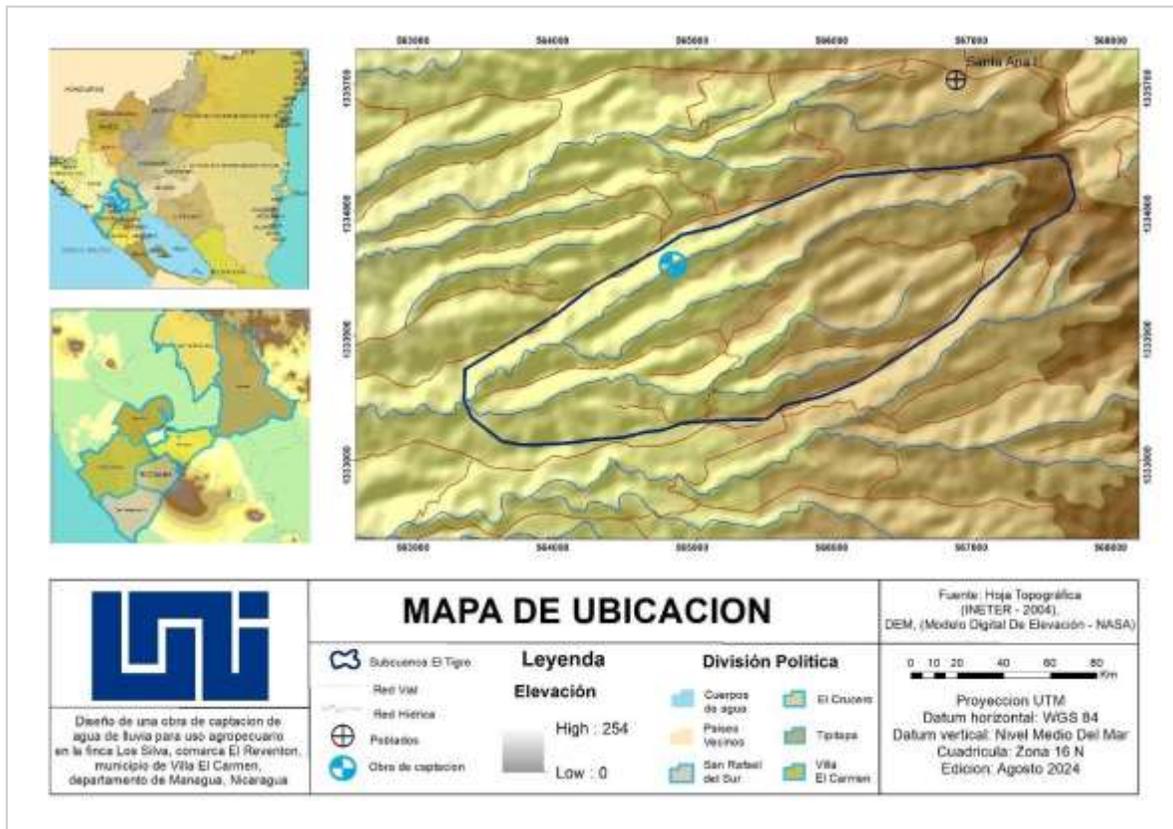
Como parte de este proyecto, se ha llevado a cabo la delimitación precisa de una subcuenca denominada El Tigre utilizando herramientas avanzadas de geoprocésamiento como Global Watersheds y ArcGIS. Esta subcuenca abarca una extensión de 4.82 km² y presenta un perímetro de 10.3 km.

La delimitación de la subcuenca El Tigre no solo implica la identificación cartográfica de sus límites, sino también un análisis detallado de sus características geomorfológicas, hidrológicas y climáticas.

Este proceso ha sido fundamental para entender la dinámica de los flujos de agua y la distribución de recursos naturales dentro de la subcuenca. Además, proporciona una base sólida para la evaluación de los parámetros climáticos, de suelo y las variables morfométricas.

Figura 3

Mapa de localización geográfica



Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Caracterización climática de la zona

Con base en la información proporcionada por Data Access Viewer by NASA, se presenta un análisis del comportamiento climático de la zona de interés, examinando dos estaciones ubicadas en El Crucero (El Boquete) y Nindirí (San Isidro de la Cruz Verde), obteniendo los siguientes resultados.

- Precipitación

Para caracterizar las precipitaciones en el área de estudio se utilizaron los datos medios de las estaciones El Boquete y San Isidro de la Cruz Verde, se empleó un período de 30 años desde el 1991 hasta 2021.

Tabla 9

Datos históricos de precipitación (mm) promedio en ambas estaciones meteorológica

Parámetro	Precipitación (mm)
Enero	1.86
Febrero	2.71
Marzo	4.53
Abril	21.56
Mayo	160.57
Junio	179.69
Julio	93.31
Agosto	152.69
Septiembre	249.51
Octubre	241.05
Noviembre	79.51
Diciembre	6.16
Anual	1193.16

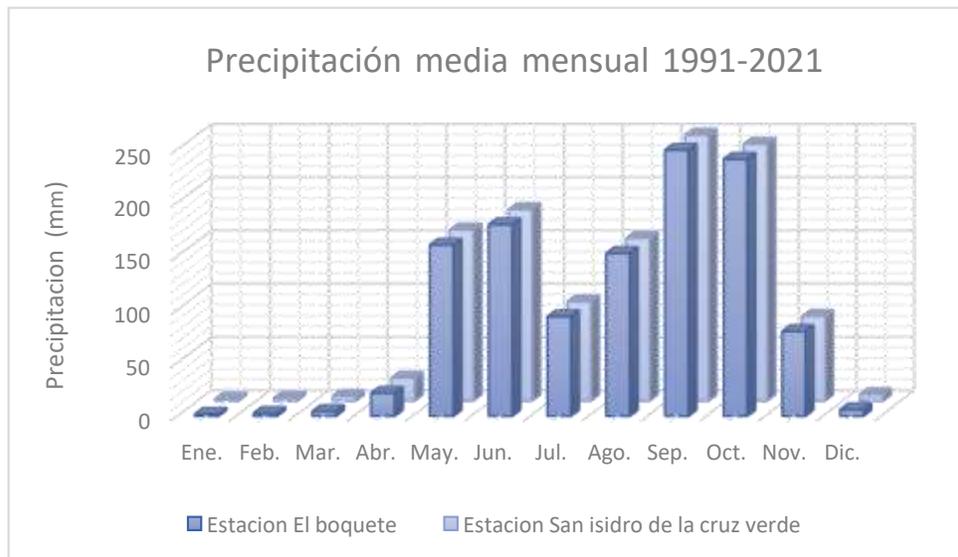
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los datos reflejados en "Tabla 9" y "Figura 4", se logra observar que durante los primeros tres meses del año, los niveles de precipitación se mantuvieron en sus niveles más bajos, alcanzando un mínimo de 1.86 mm. Sin embargo, a partir del mes de abril, se observa un notable aumento en las precipitaciones.

Estos niveles disminuyeron en el mes de julio, solo para volver a aumentar en el mes de agosto y mantenerse elevados hasta octubre, cuando se alcanzó el máximo de precipitación de 249.51 mm. Este patrón continuó con un pico en noviembre y diciembre.

Figura 4

Precipitación media mensual 1991-2021



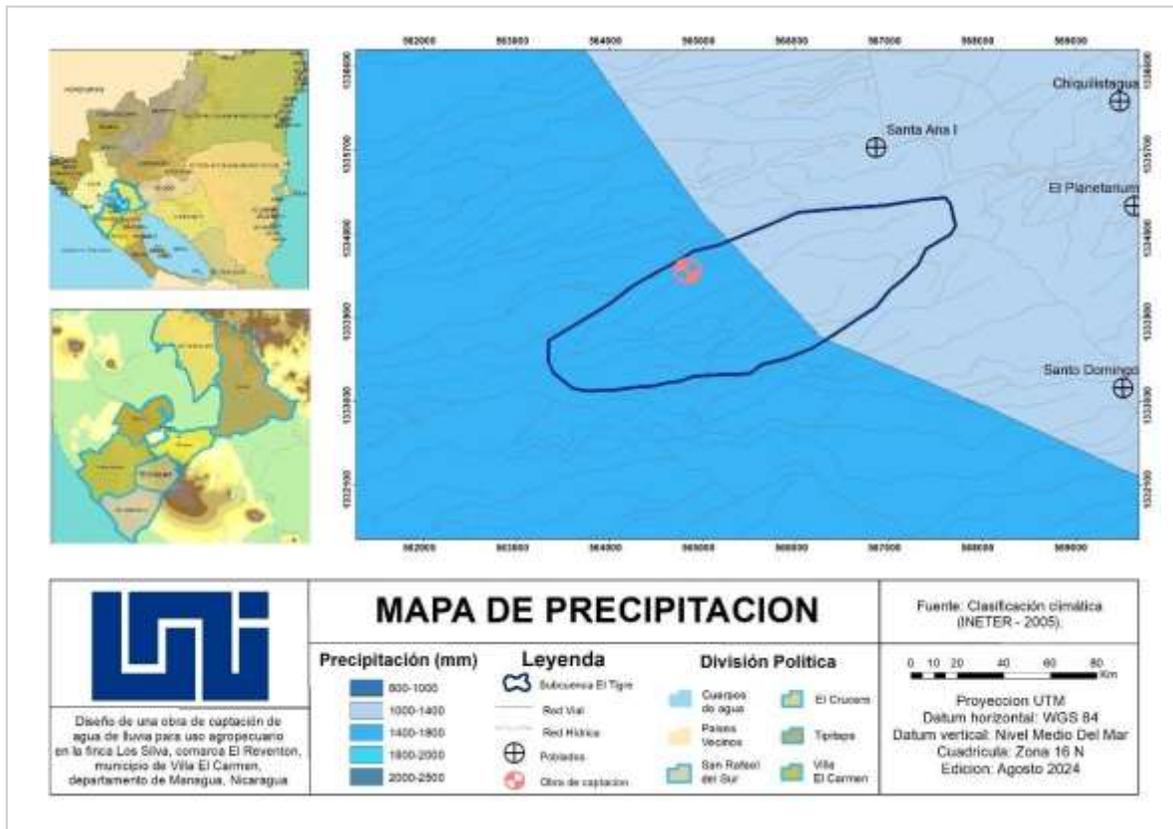
Fuente: Elaboración propia

En el área de estudio se presentan precipitaciones promedias acumuladas que variaron entre 1,000 - 1,400 mm hasta 1,400 - 1,800 mm (Figura 5). Al analizar los datos históricos de precipitación obtenidos de las estaciones meteorológicas ubicadas dentro del área de estudio, se calculó un promedio anual de 1,193.16 mm.

En particular, este valor coincide con la clasificación mostrada en el mapa de distribución de precipitaciones (Figura 5), corroborando la precisión y consistencia de los datos obtenidos. Si bien el mapa de precipitaciones utilizado data de 2005 y nuestra evaluación se completó en 2021, no se observaron diferencias significativas entre los datos actuales y el mapa de referencia.

Figura 5

Mapa de distribución de precipitaciones



Fuente: Elaboración propia

Este hallazgo sugiere que, a pesar del desfase temporal, la información sobre las precipitaciones se mantiene relevante y precisa, reflejando una estabilidad en las características pluviométricas de la región durante estos años.

- Temperatura

Para caracterizar las temperaturas en el área de estudio se utilizaron los datos medios de las estaciones El Boquete y San Isidro de la Cruz Verde, se empleó un período de 30 años desde el 1991 hasta 2021.

De acuerdo con los datos proporcionados por ambas estaciones, la temperatura media es de 27.77°C. Los meses de marzo y abril presentan las temperaturas más

altas del año, con valores que oscilan entre 29.17°C y 30.17°C. Este período coincide con el final de la estación seca y el comienzo de la temporada de lluvias, lo que refleja un patrón climático característico de la transición entre estas dos fases.

Además, se observa una tendencia de aumento gradual en la temperatura media a partir de enero. Esta información, detallada en Tabla 10, resalta cómo la temperatura en la región incrementa progresivamente durante los primeros meses del año, alcanzando su cúspide justo antes de la entrada en el período lluvioso.

Tabla 10

Datos históricos de temperatura (°C) promedio en ambas estaciones meteorológicas

Parámetro	Temperatura (°C)
Enero	27.17
Febrero	28.33
Marzo	29.17
Abril	30.17
Mayo	29.06
Junio	27.54
Julio	27.45
Agosto	27.68
Septiembre	27.09
Octubre	26.50
Noviembre	26.44
Diciembre	26.68
Media	27.77

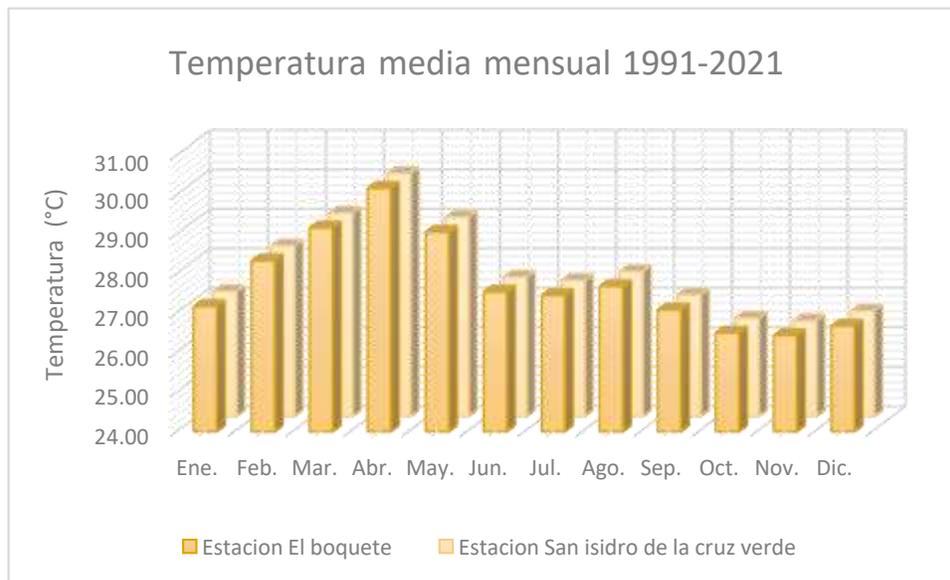
Fuente: Elaboración propia

En

Figura 6 se ilustra que las temperaturas máximas se registran en los meses de marzo y abril, empezando a disminuir en el mes de junio; las temperaturas más bajas se presentan en los meses de octubre y noviembre.

Figura 6

Temperatura media mensual 1991-2021



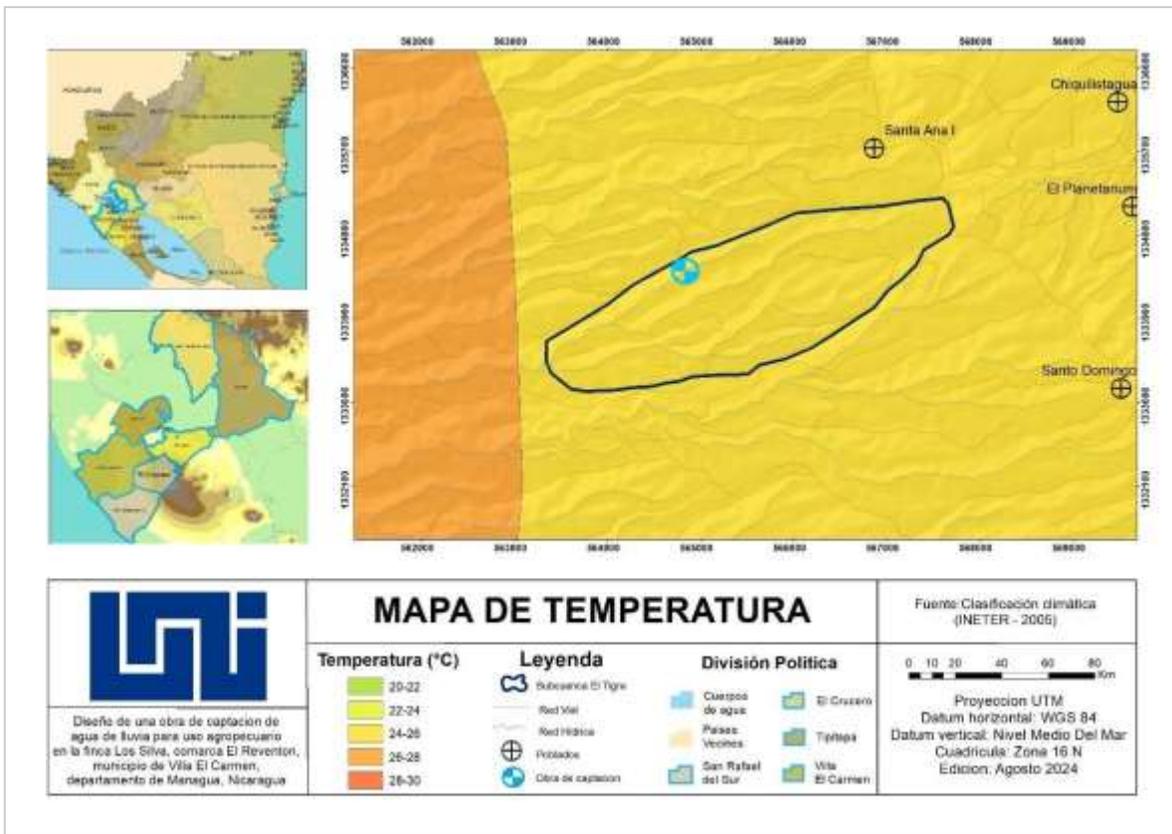
Fuente: Elaboración propia

Según el mapa de variación de temperatura (Figura 7), en el área de estudio se observan rangos de temperatura de 26 °C a 28 °C; mientras que hacia sureste las temperaturas oscilan entre los 24 °C a 26 °C. Si bien este mapa proporciona una visión general útil, se observa que los datos actuales muestran diferencias significativas en comparación con el mapa de 2005.

La discrepancia en las temperaturas puede deberse a varios factores, a cambios climáticos regionales, modificaciones en el uso del suelo, o variaciones estacionales que han ocurrido desde la creación del mapa. Estos cambios reflejan una evolución en las condiciones térmicas de la región a lo largo de los años.

Figura 7

Mapa de variación de temperatura



Fuente: Elaboración propia

- Evapotranspiración

De acuerdo con el cálculo de la evapotranspiración por el método de Hargreaves simplificado, se estimó un valor de 1,540.76 mm/año. Los valores mínimos y máximos del parámetro evaluado se registraron en los meses de octubre y marzo respectivamente (Tabla 11 y Figura 8).

Tabla 11

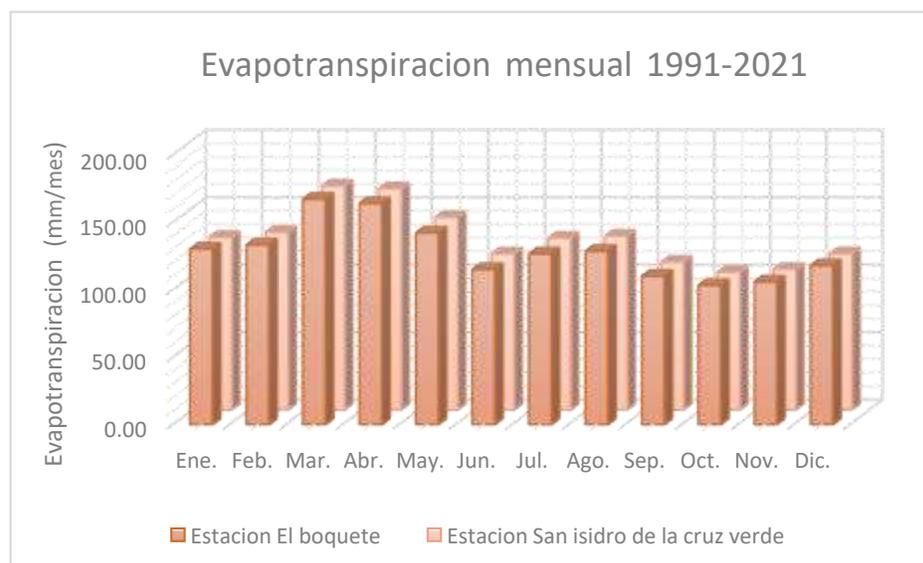
Evapotranspiración por el método de Hargreaves

Parámetro	Evapotranspiración (mm)
Enero	129.14
Febrero	132.58
Marzo	166.72
Abril	164.05
Mayo	142.46
Junio	115.44
Julio	127.02
Agosto	128.72
Septiembre	109.88
Octubre	102.74
Noviembre	105.12
Diciembre	116.89
Anual	1540.76

Fuente: Elaboración propia

Figura 8

Evapotranspiración mensual 1991-2021



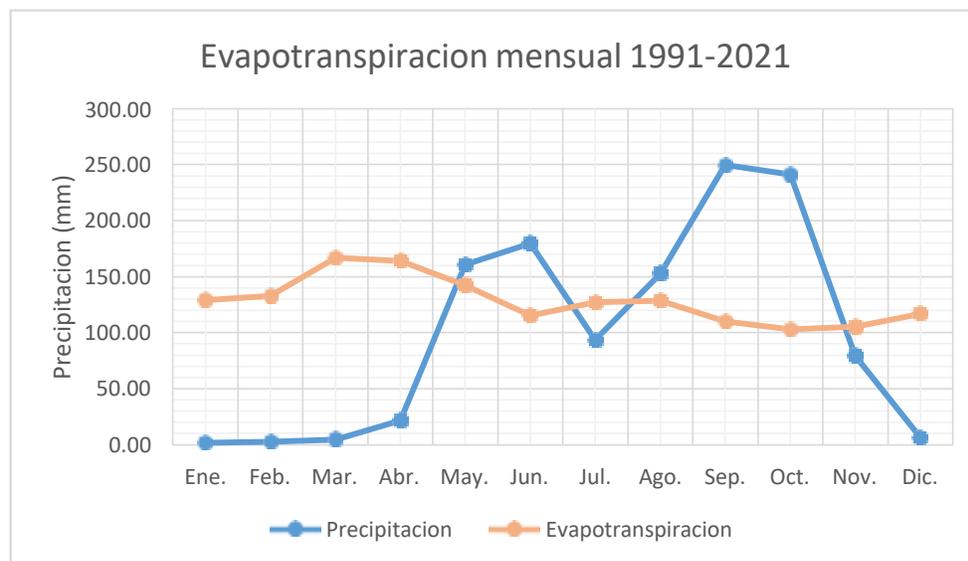
Fuente: Elaboración propia

La relación entre la precipitación y la evapotranspiración como se muestra en la Figura 9, revela patrones distintivos a lo largo del año. La evapotranspiración muestra un comportamiento elevado desde enero hasta marzo, correspondiendo a los meses de máxima radiación solar y temperaturas más altas. A partir de abril, la evapotranspiración experimenta una disminución abrupta que se extiende hasta julio, que coincide inversamente con el patrón de precipitación, que comienza a aumentar a partir de abril.

Durante los meses de julio y agosto, se observa un repunte en la evapotranspiración, posiblemente influenciado por condiciones climáticas como temperaturas elevadas y vientos. De agosto a octubre, la evapotranspiración tiende a reducirse, mientras que las precipitaciones continúan incrementándose gradualmente.

Figura 9

Relación Precipitación - Evapotranspiración



Fuente: Elaboración propia

En los últimos meses del año, la evapotranspiración muestra un incremento nuevamente. Paralelamente, las precipitaciones comienzan a disminuir

significativamente, culminando así un ciclo estacional complejo que impacta en el balance hídrico de la zona y la disponibilidad de recursos hídricos para la vegetación y otros usos.

Este análisis indica que la evapotranspiración mantiene niveles elevados a lo largo de todo el año, lo que provoca una exposición constante del agua almacenada a la radiación solar directa y, como consecuencia, en pérdidas significativas.

Es importante destacar que la evapotranspiración anual supera a la precipitación anual en esta zona. Este fenómeno puede atribuirse a varios factores climáticos y ambientales, tales como las altas temperaturas y la baja humedad relativa incrementan la evaporación directa desde la superficie del suelo y la transpiración de las plantas. Además, la presencia de vientos fuertes puede acelerar el proceso de evaporación.

- **Balance climático**

En Figura 10 se presenta la curva del balance climático, que ilustra la variación de la disponibilidad de agua a lo largo del año. Este balance se divide en varias fases críticas: déficit, excedentes y reservas, cada una con implicaciones importantes para la gestión del agua en la obra.

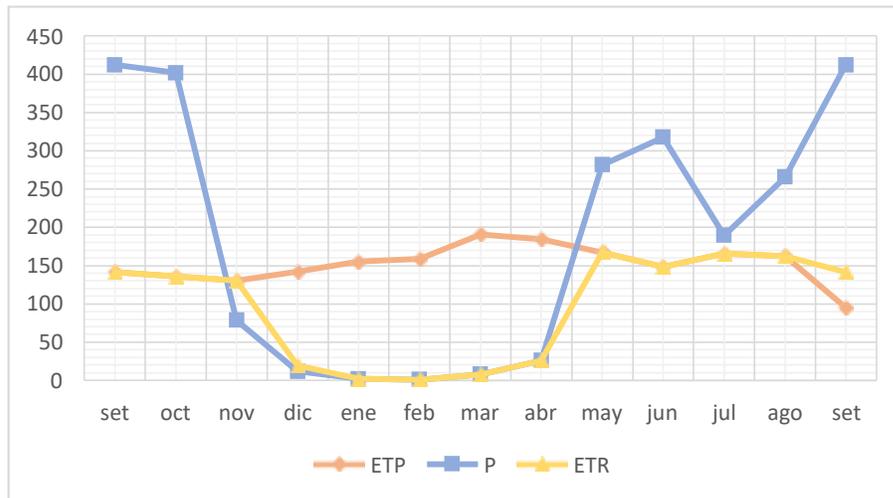
Durante los meses de diciembre a abril, se observa un período de déficit hídrico, que corresponde con la época seca del año. En esta fase, la demanda de agua supera la cantidad disponible debido a la escasa precipitación. Este déficit indica que hay menos agua disponible en la obra, lo que puede resultar en problemas como la escasez de agua para usos agrícolas o ganaderos.

Por otro lado, desde el inicio de abril hasta principios de noviembre, se genera un potencial para almacenar agua. Esta agua captada durante estos meses puede

utilizarse para satisfacer la demanda en los meses de noviembre y diciembre, cuando históricamente hay menor disponibilidad natural de agua.

Figura 10

Balance climático



Fuente: Elaboración propia

Comprender el balance climático permite una planificación a largo plazo más efectiva para la obra de captación de lluvia. Al anticipar los períodos de alta y baja precipitación, se pueden ajustar las estrategias de captación y almacenamiento de agua para optimizar el uso de recursos. Esto incluye dimensionar adecuadamente los sistemas de almacenamiento y diseñar procedimientos de mantenimiento que aseguren la máxima eficiencia en la captación y almacenamiento de agua.

2.1.3. Geología

El área de estudio se encuentra en su totalidad sobre la unidad litológica de depósitos volcánicos recientes. La geología del área corresponde al período Cuaternario, específicamente al Pleistoceno, y se encuentra situada dentro de la Formación de las Sierras, según el Mapa geológico (Figura 11).

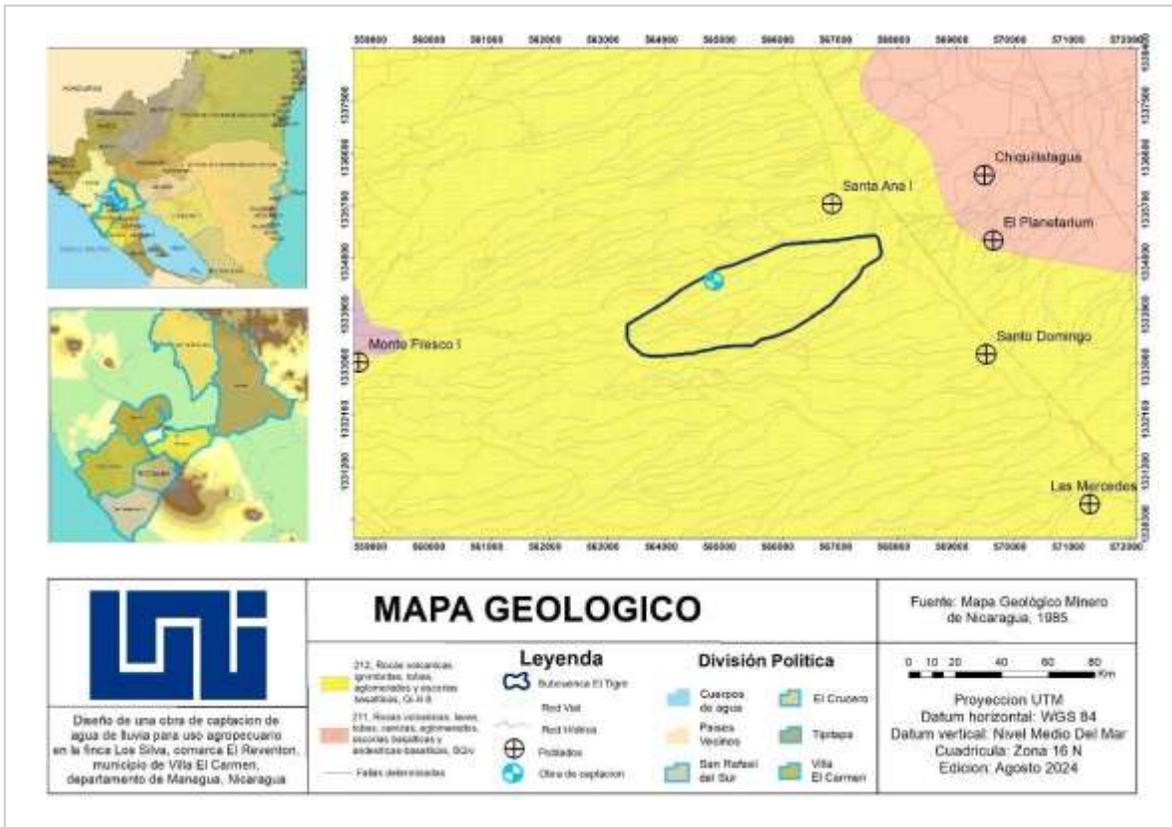
Específicamente, la geología de esta subcuenca está compuesta por una variedad de formaciones rocosas volcánicas, incluyendo:

- Rocas Ignimbritas.
- Tobas.
- Aglomerados.
- Escorias.

La presencia de estas formaciones rocosas volcánicas implica importantes consideraciones para la ingeniería de la obra, el manejo de recursos hídricos y el análisis de posibles impactos ambientales.

Figura 11

Mapa de formaciones geológicas



Fuente: Elaboración propia

2.1.4. Caracterización física de la zona

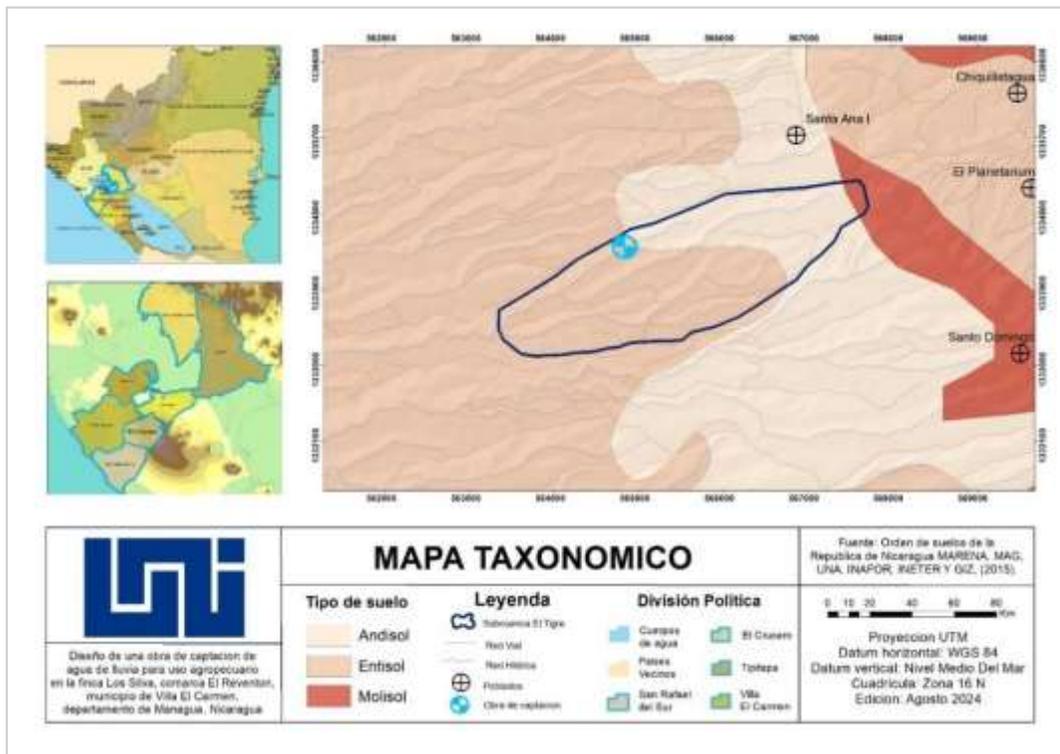
A continuación, se detallan los resultados obtenidos de los análisis físicos del suelo, los cuales abarcan múltiples parámetros clave que influyen en la calidad y composición del suelo. Estos análisis incluyen la determinación de la textura del suelo, la densidad aparente, el pH, la conductividad eléctrica y pruebas de infiltración.

- Taxonomía

Según la caracterización de taxonomía del suelo presentada en el mapa de distribución taxonómica (Figura 12) en el área de estudio se distinguen 3 tipos de suelos.

Figura 12

Mapa de distribución taxonómica



Fuente: Elaboración propia

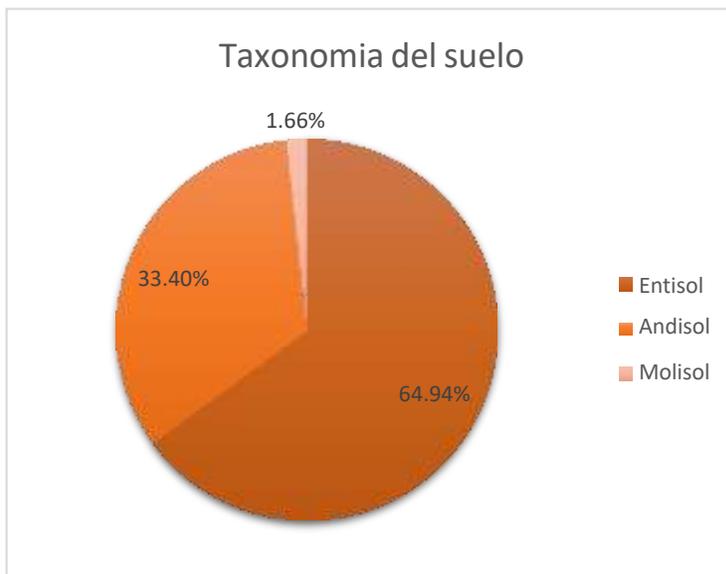
Los Entisoles, caracterizados por su perfil edáfico poco desarrollado y su formación reciente, abarcan una gran extensión del área (64.94%). Estos suelos se distinguen por la presencia de horizontes superficiales delgados y una escasa evolución pedogenética.

En contraste, los Andisoles que cubren alrededor del 33.40% del área, se forman a partir de cenizas volcánicas y materiales similares, lo que les confiere una alta fertilidad y una estructura bien desarrollada.

Por último, los Molisoles, que ocupan el 1.66% del área, presentan un perfil edáfico más desarrollado con una capa de horizonte A rica en materia orgánica.

Figura 13

Taxonomía del suelo



Fuente: Elaboración propia

La distribución de estos suelos refleja la influencia de la actividad volcánica reciente y las condiciones específicas del terreno en la región.

- Textura del suelo

Las texturas del suelo presentan variabilidad a pesar de la proximidad entre los sitios de muestreo. En el ensayo 4 (La pileta) se registró un contenido más alto de arcilla (23.4%), clasificándose el suelo como franco. De manera similar, los ensayos 2 (Los limones) y 3 (La cantera) exhibieron una textura franco, mientras que el ensayo 1 (El venado) presentó una textura franco arenosa, con un porcentaje de arena de 58.7% de acuerdo con el análisis textural.

Tabla 12

Resultados de pruebas de textura del suelo

Sitios	% Arcilla	% Arena	% Limo	Textura
El Venado	18.2	58.7	23.1	Franco arenosa
Los Limones	15.6	44.4	40	Franco
La Cantera	20.8	49.6	29.6	Franco
La Pileta	23.4	47	29.6	Franco

Fuente: Elaboración propia

Para determinar estos valores, se utilizó la aplicación HF Textura, la cual emplea métodos estandarizados para analizar muestras de suelo y determinar la composición granulométrica con precisión.

- Densidad aparente

La densidad aparente del suelo está estrechamente relacionada con su textura característica. Por ejemplo, se observa que el valor más alto de densidad aparente registrado, alcanzando 1.64 g/cm³ en el ensayo 1, corresponde a una textura franco arenosa, según las pruebas de textura (Tabla 13).

Tabla 13

Resultados de pruebas de densidad aparente

Sitios	Densidad aparente	
El Venado	1.64	Muy alta
Los Limones	1.34	Media
La Cantera	1.40	Media
La Pileta	1.39	Media

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de densidad aparente mostraron variaciones mínimas entre las ubicaciones de muestreo, oscilando desde 1.34 g/cm³ en el ensayo 2 (Los Limones) hasta 1.40 g/cm³ en el ensayo 3 (La cantera). Estos valores, clasificados como de media a alta densidad, indican que el suelo está compactado y contiene un alto porcentaje de partículas gruesas, como la arena, con un bajo contenido de arcilla.

De acuerdo con la tabla de caracterización de Carbo (Tabla 1. Densidad aparente según el tipo de textura), para texturas gruesas como la arena, el rango de densidad aparente es de 1.3 a 1.8 gr/cm³ lo que coincide con que todos los ensayos se clasifican como texturas gruesas.

- PH

Los resultados de los ensayos muestran que los valores de pH medidos fueron de 7.35, 7.18 y 7.30 para los ensayos 1, 2 y 3 respectivamente, lo cual indica un nivel de acidez neutra tendiendo a alcalino. En el ensayo 1, se reveló un pH de 7.7, lo que indica una ligera alcalinidad.

Estos valores fueron evaluados con respecto a la escala de pH propuesta por Padilla (Tabla 2. Categorización del valor de pH), que clasifica los niveles de acidez del suelo.

Tabla 14*Resultados de pruebas de pH*

Sitios	pH	
El Venado	7.7	Ligeramente alcalino
Los Limones	7.35	Neutro
La Cantera	7.18	Neutro
La Pileta	7.31	Neutro

Fuente: Elaboración propia

Estos niveles de pH son cruciales para el diseño y funcionamiento de la obra de captación de agua. Un pH neutro a ligeramente alcalino es generalmente favorable para la mayoría de las plantas y organismos del suelo, lo que puede contribuir a una mayor estabilidad del terreno alrededor del reservorio.

Este aspecto es fundamental, ya que la calidad del agua puede variar significativamente dependiendo de su uso. En el caso del agua destinada a la ganadería, un pH adecuado es esencial para asegurar la salud animal, mientras que para el riego agrícola, la calidad del agua impacta directamente en el crecimiento de los cultivos.

Un pH ligeramente elevado, puede afectar la solubilidad de nutrientes como el fósforo y el hierro, haciendo que estos se vuelvan menos disponibles para las plantas. Además, un pH fuera del rango óptimo puede favorecer el crecimiento de algas y bacterias indeseadas, deteriorando aún más la calidad del agua.

- **Conductividad eléctrica**

Los valores de conductividad eléctrica registrados se encuentran dentro de un rango estrecho de 0.33 a 0.35 mS/cm, lo cual indica que el suelo analizado presenta una baja concentración de sales y puede clasificarse como no salino. Estos valores fueron evaluados de acuerdo con la tabla de clasificación de salinidad de Maher (Tabla 3. Clasificación de conductividad eléctrica).

Tabla 15*Resultados de pruebas de conductividad eléctrica*

Conductividad eléctrica (mS/cm)		
El Venado	0.35	Baja
Los Limones	0.33	Baja
La Cantera	0.33	Baja
La Pileta	0.35	Baja

Fuente: Elaboración propia

La baja conductividad eléctrica registrada sugiere que el suelo tiene una capacidad limitada para conducir electricidad, indicando así baja concentración de sales solubles. Este atributo es beneficioso para la obra de captación, ya que los suelos con baja salinidad son menos propensos a problemas relacionados con la acumulación de sales, como la reducción de la permeabilidad del suelo y la posible corrosión de las estructuras.

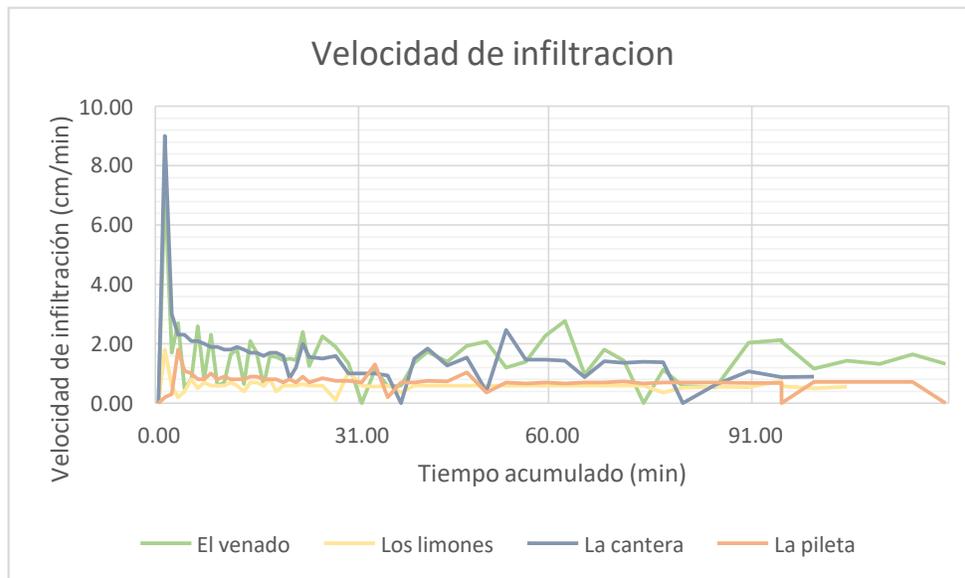
Un suelo con baja salinidad asegura que el agua almacenada en el reservorio mantenga una calidad adecuada, lo que es crucial para evitar problemas de salud en los animales en caso de uso ganadero, o para garantizar un riego efectivo y sostenible en la agricultura. Al reducir el riesgo de problemas asociados con la salinidad, se protege tanto la calidad del agua como la integridad de las estructuras de la obra.

- **Velocidad de infiltración**

En la Figura 14 se observa el comportamiento de la tasa de infiltración en la zona evaluada. Inicialmente, al inicio de todos los ensayos, la tasa de infiltración alcanza su punto máximo, con la prueba 3 (La cantera) registrando un valor de 9 cm/min.

Figura 14

Curvas de infiltración



Fuente: Elaboración propia

A medida que avanzan los ensayos, se nota una disminución abrupta en la tasa de infiltración, la cual se estabiliza en un rango inferior. Este fenómeno es característico de suelos con alta capacidad de infiltración.

Tabla 16

Resultados de pruebas de infiltración

Sitios	Velocidad de infiltración (mm/hr)	Promedio (mm/hr)	Fc (mm/día)
El Venado	25.50		
Los Limones	10.92	16.97	101.79
La Cantera	18.36		
La Pileta	13.08		

Fuente: Elaboración propia

La prueba 1 (El Venado) exhibe los niveles más altos de infiltración, atribuibles a la textura del suelo, como se mencionó anteriormente. Este suelo se identifica como franco arenoso, lo que indica la presencia de porosidad significativa y una

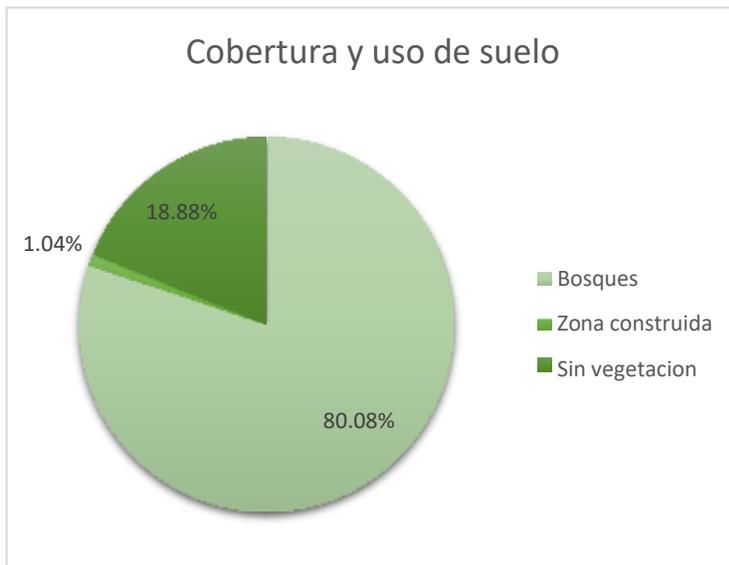
granulometría elevada, factores que contribuyen al alto nivel inicial de infiltración, alcanzando aproximadamente 25.50 mm/hr.

- Cobertura y uso de suelo

En el contexto del diseño de la obra de captación, es fundamental considerar la cobertura y uso del suelo en el área de estudio, ya que estos factores influyen directamente en la planificación y eficacia del proyecto (Figura 15).

Figura 15

Cobertura y uso de suelo



Fuente: Elaboración propia

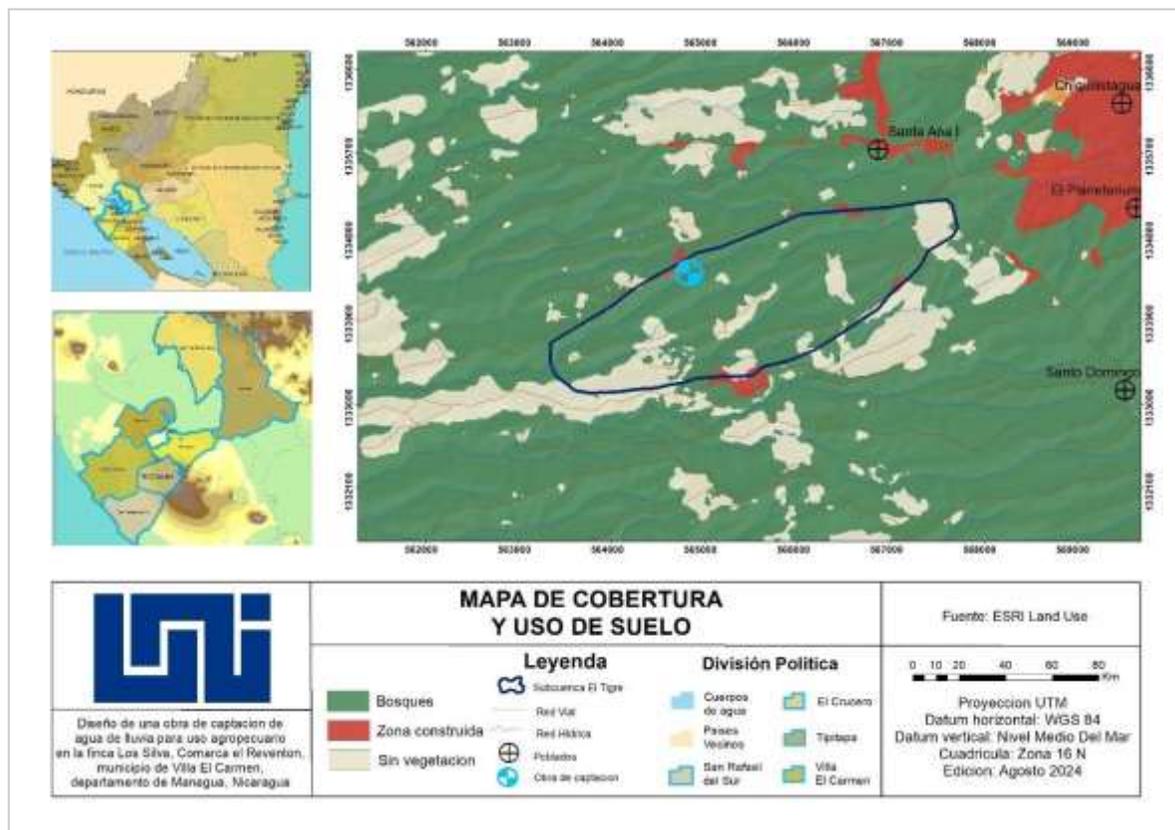
En la zona analizada, se observa que la mayor parte del área está cubierta por bosques, que representan un 80.08% del total, lo cual juega un papel crucial en la regulación del ciclo hidrológico. Los bosques favorecen la infiltración del agua y reducen la escorrentía superficial, lo que contribuye a una captación más eficiente y sostenida del recurso hídrico.

Por otro lado, las zonas sin vegetación constituyen un 18.88% del total, y generalmente tienen una mayor tendencia a la erosión y escorrentía, lo que puede reducir la efectividad de la captación de agua. Las zonas construidas, que ocupan un 1.04%, suelen estar impermeabilizadas, aumentando la escorrentía superficial y reduciendo la cantidad de agua que se infiltra en el suelo.

Además, las actividades agrícolas, como el cultivo de maíz, frijoles, y algunas hortalizas y frutales, pueden modificar el suelo y afectar la captación de agua.

Figura 16

Mapa de distribución del uso del suelo



Fuente: Elaboración propia

La deforestación para la expansión agrícola y el uso intensivo del suelo pueden reducir la capacidad de infiltración y aumentar la sedimentación en los sistemas de

captación. Por lo tanto, es crucial integrar estos factores en el diseño es crucial para minimizar impactos negativos y optimizar la recolección y gestión del recurso hídrico.

2.1.5. Geomorfología

La zona en estudio, ubicada Villa El Carmen y de acuerdo con Asencio (2005), esta pertenece a la provincia geomorfológica de la costa del pacifico, la conforman una serie de lomeríos encadenado de baja altura morfológica redondeada y colinas homoclinales, cuya litología predominante está constituida por sedimentos marinos del Terciario medio y superior, lo cual influye en las características hidrogeológicas de la región.

2.2. Determinación de las variables morfométricas

A continuación, se presentan las variables morfométricas de la cuenca hidrográfica, como la pendiente, la forma y la longitud de los ríos, que son determinantes en el diseño de la obra de captación.

2.2.1. Forma de la cuenca

En la siguiente tabla se presentan los resultados de área de la cuenca, el perímetro de la cuenca, el coeficiente de forma, la longitud de los ríos principales, el número de corrientes y otros factores relevantes. Cabe destacar que estos resultados se obtuvieron a través de ArcGIS, herramienta utilizada para delimitar la subcuenca denominada El Tigre (Figura 3. Mapa de localización geográfica).

Tabla 17*Resultados de forma de la cuenca*

Parámetro	Valor
Área (Km ²)	4.82
Perímetro (Km)	10.3
Coefficiente de forma	1.31
Longitud del río principal (Km)	3.88
Longitud total de los ríos (Km)	12.06
Numero de corrientes	3
Numero de ríos de primer orden	4

Fuente: Elaboración propia

El área de la cuenca resulto ser de 4.82 km², esto clasifica la cuenca como pequeña de acuerdo con la clasificación de Gámez (Tabla 4. Tamaño de la cuenca). Este tamaño relativamente reducido implica características específicas en términos de manejo y análisis hidrológico, que pueden afectar la gestión de recursos hídricos y el diseño de infraestructuras relacionadas.

El perímetro de la cuenca arrojo un resultado de 10.3 km. Esta medida es crucial ya que influye en la estimación de la cantidad de escorrentía y en la planificación de las obras de drenaje. Un perímetro mayor puede indicar una cuenca con un contorno más complejo, lo cual puede tener implicaciones para el diseño y la gestión de las infraestructuras hidráulicas.

El coeficiente de forma, evaluado mediante la ecuación de Graveluis (2), resultó ser 1.3. Este coeficiente es una medida que describe la compactación o el alargamiento de la cuenca en relación con una forma circular ideal y según la clasificación de Gámez (Tabla 5. Índice de compacidad de Gravelius), esto sitúa la cuenca en la categoría de oval redonda a oval oblonga. Esto sugiere que la cuenca tiene una forma que es más alargada que circular, pero menos alongada que una forma completamente ovalada.

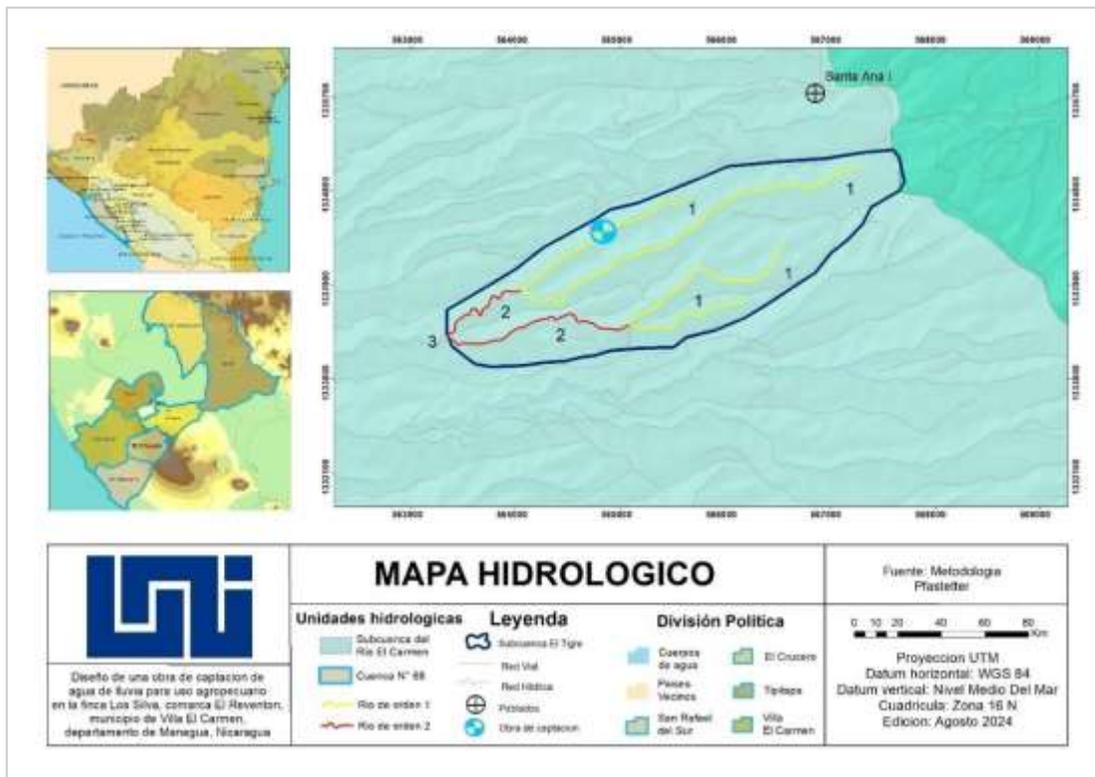
El análisis detallado del mapa hidrológico ha permitido determinar parámetros clave sobre la red fluvial de la región de estudio. La longitud total de los ríos en la zona se ha establecido en 12.06 km, dentro de esta red fluvial, el río principal, que constituye la arteria más significativa de la cuenca, presenta una longitud de 3.88 km.

La red fluvial está compuesta por un total de tres corrientes, de las cuales tres son ríos de primer orden, cada uno con su propia contribución al sistema hídrico general.

La presencia de tres ríos de primer orden indica una estructura fluvial relativamente simple, pero funcional, donde las interacciones entre los diferentes cursos de agua determinan el patrón de drenaje y la distribución del flujo.

Figura 17

Mapa de cuencas hidrográficas



Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Parámetros de relieve

A continuación se presenta el valor de la pendiente de la cuenca, determinado mediante la diferencia de sus cotas altimétricas. Este dato se obtuvo a partir del análisis detallado de las elevaciones topográficas dentro de la cuenca, utilizando ArcGIS.

Tabla 18

Resultados de los parámetros de relieve

Parámetro	Valor
Cota mayor (m.s.n.m)	177.37
Cota menor (m.s.n.m)	0.59
Pendiente (%)	48.07

Fuente: Elaboración propia

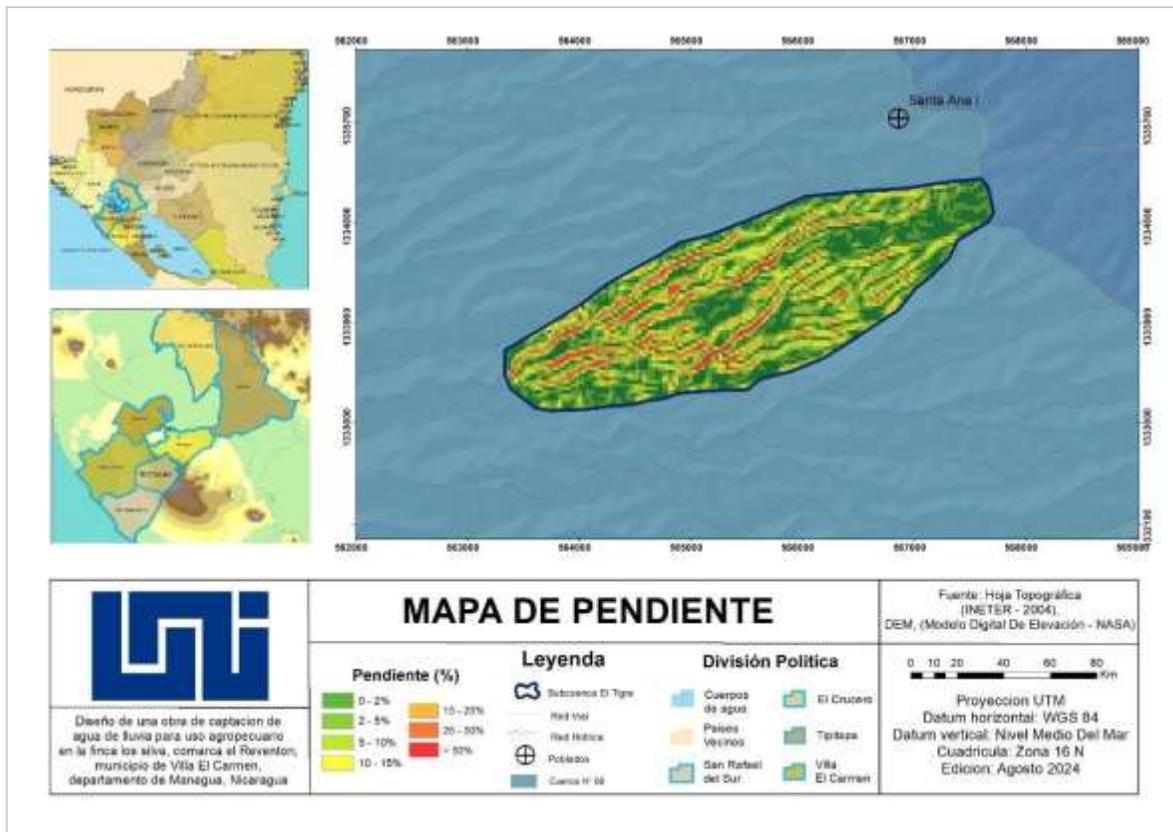
El análisis de la pendiente revela que la pendiente promedio en la región de estudio es de 48.07%. Este valor se calcula considerando la diferencia entre la cota más alta y la cota más baja dentro de la cuenca, y se expresa como un porcentaje que indica el grado de inclinación del terreno.

Según la clasificación establecida en la Tabla 6 (Pendiente de la cuenca), una pendiente que varía entre 25% y 50% se categoriza como escarpada. Esta clasificación es crucial para comprender las características del terreno y sus implicaciones para el manejo del agua y la estabilidad del suelo.

Las pendientes escarpadas, como las observadas en esta cuenca, son especialmente susceptibles a procesos de erosión hídrica. En estos terrenos, el flujo de agua superficial tiende a ser más rápido y concentrado, lo que puede intensificar la remoción de material y aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra. La alta inclinación del terreno facilita la acumulación y el desplazamiento de sedimentos, lo que puede llevar a la degradación del suelo y afectar la estabilidad de las estructuras construidas en la zona.

Figura 18

Mapa de pendientes topográficas



Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Red de drenaje

A continuación, se presentan los valores obtenidos de densidad de corrientes, densidad de drenaje y tiempo de concentración, todos ellos son fundamentales en el estudio y la gestión de cuencas hidrográficas.

Tabla 19

Resultados de la red de drenaje

Parámetro	Valor
Densidad de corriente (c/Km ²)	0.62
Densidad de drenaje (Km)	2.50
Tiempo de concentración (min)	56.04

Fuente: Elaboración propia

La densidad de corriente, calculada como el número de corrientes por unidad de área según la ecuación (3), fue determinada en 0.62 corrientes por kilómetro cuadrado (c/km²). Este resultado indica la cantidad promedio de cursos de agua dentro de la cuenca por cada kilómetro cuadrado de superficie, ofreciendo información relevante sobre la distribución y densidad de la red hidrográfica en el área estudiada.

Por otro lado, la densidad de drenaje, obtenida mediante la relación entre la longitud total de los cursos de agua y el área de la cuenca conforme a la (4), arrojó un valor de 2.50 kilómetros. Esta medida revela la eficiencia con la cual el agua se drena y se transporta dentro de la cuenca, reflejando la capacidad de la red fluvial para evacuar el agua de precipitación y la contribución de los diferentes tributarios al sistema principal de drenaje.

El tiempo de concentración de la cuenca ha sido calculado en 56.04 minutos utilizando la ecuación de Bransby-Williams (5). Este valor indica que el tiempo necesario para que el agua de escorrentía se concentre y llegue al punto de salida es relativamente prolongado. Un tiempo de concentración de 56.04 minutos sugiere que la cuenca presenta características geomorfológicas y un relieve que tienden a ralentizar el desplazamiento de las aguas superficiales.

2.3. Diseño de la obra de captación

A continuación se expone el diseño propuesto para la obra de captación de agua de lluvia, destacando sus características principales y su viabilidad en el contexto local.

2.3.1. Escorrentía

El valor de escorrentía obtenido mediante ArcGIS, que asciende a 28 m³, ha sido fundamental para la generación del mapa de escorrentía de la zona. Este valor refleja la cantidad de agua que fluye superficialmente durante un evento de precipitación y se derivó de un análisis detallado de datos geoespaciales y características del terreno.

La fórmula (5), comúnmente empleada en cálculos relacionados con obras civiles, no fue utilizada en este caso debido a que está más orientada a situaciones específicas de ingeniería y no se ajustaba a la naturaleza del análisis requerido. En cambio, el uso de ArcGIS permitió una evaluación más precisa y adecuada del comportamiento de la escorrentía en función de la cobertura del suelo.

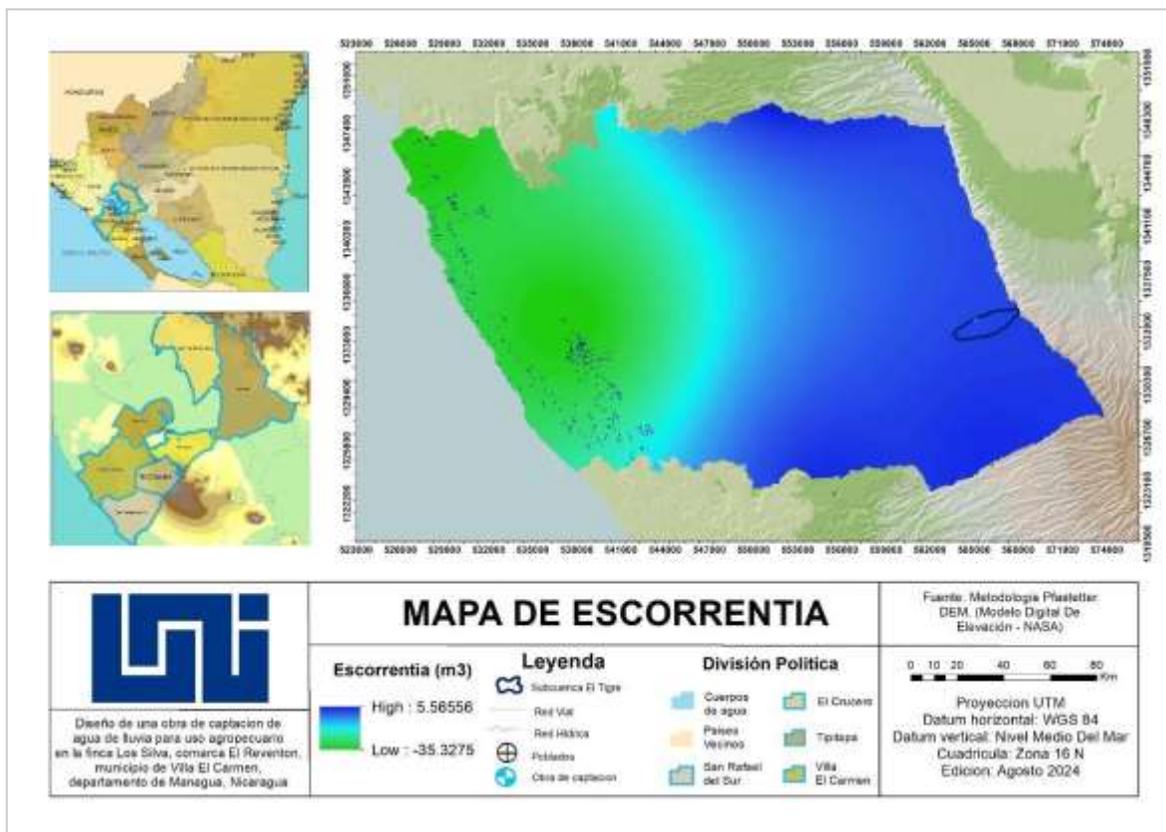
Con aproximadamente el 80% de la zona cubierta por bosque, la escorrentía se ve significativamente mitigada por la capacidad de infiltración proporcionada por la vegetación. Por lo tanto, el valor de 28 m³ indica una escorrentía moderada, en gran medida influenciada por la densa cobertura forestal, y resalta la importancia de crear un mapa de escorrentía para una evaluación precisa y contextualizada del flujo superficial en el área.

El análisis de escorrentía también ayudó a determinar si era necesario incorporar aliviaderos aguas arriba para controlar el flujo y evitar sobrecargas en el reservorio. En este caso, la escorrentía moderada, influenciada por la densa cobertura forestal del área, sugiere que los aliviaderos no son imprescindibles, pero se puede

considerar como medida preventiva para gestionar cualquier exceso potencial de agua.

Figura 19

Mapa de flujo de agua



Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Balance hidrológico

El análisis del balance hidrológico, calculado mediante la ecuación del balance (6), muestra un déficit de -310.33 mm, este resultado tiene implicaciones directas para el diseño y la gestión de la obra de captación de agua.

Este resultado negativo indica que la cantidad de agua que se pierde por evapotranspiración supera la precipitación anual, sugiriendo una deficiencia en la

oferta hídrica natural de la región. Para una obra de captación, este déficit resalta la importancia de considerar la disponibilidad limitada de agua y adaptar la infraestructura en consecuencia.

Sin embargo, es importante destacar que este déficit negativo cambiará a un valor positivo una vez que la obra de captación esté en funcionamiento. Esto se debe a que la infraestructura de captación permitirá recolectar y almacenar el agua disponible durante los períodos de lluvia, compensando así el déficit inicial y generando una oferta hídrica más equilibrada.

La construcción de la obra mejorará la capacidad de gestión del recurso hídrico, ajustando la disponibilidad de agua a las necesidades de la región y optimizando su uso a lo largo del año.

2.3.3. Diseño de la obra

A continuación se presenta el diseño detallado de la obra de captación, que abarca tanto el diseño geométrico del proyecto como la planificación minuciosa de la cerca perimetral. El diseño geométrico ha sido elaborado con precisión para asegurar la eficiencia y funcionalidad óptimas de la infraestructura, teniendo en cuenta aspectos clave como la topografía del terreno, la capacidad hidráulica requerida y las variables climáticas y del suelo.

Por otro lado, el diseño de la cerca perimetral ha sido concebido con el propósito de garantizar la seguridad y protección integral del sitio. Esta cerca no solo delimita el área, sino que también considera la pendiente del terreno y las condiciones climáticas para asegurar su resistencia y durabilidad.

- **Diseño geométrico de la obra de captación**

El diseño geométrico de la obra se desarrolló con precisión, basándose en datos iniciales fundamentales para garantizar tanto la eficiencia como la seguridad de la infraestructura. Con un volumen proyectado de 715 m³, correspondiente a la precipitación anual registrada en la Tabla 9 (Datos históricos de precipitación (mm) promedio en ambas estaciones meteorológica), y un tirante de agua de 2 m, se estableció una altura de seguridad de 0.5 m para prevenir desbordamientos y asegurar un manejo adecuado del recurso hídrico.

Para optimizar la estabilidad del terreno circundante, se determinó una relación de talud de 2:1. Esta relación de talud proporciona una inclinación adecuada para minimizar los riesgos de erosión y deslizamientos, siguiendo los criterios establecidos en el Manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía del MEFCCA et al. (2018). La elección de esta relación se basa en el ángulo de inclinación calculado para un terreno con una pendiente del 48.07%, que es aproximadamente 25.6 grados.

Adicionalmente, se incorporará una geomembrana debido a la textura arenosa del suelo en la zona de estudio. La geomembrana servirá como una barrera impermeable para prevenir la infiltración del agua, y se ha previsto un anclaje de 4 m para asegurar la fijación adecuada del revestimiento impermeable, esto de acuerdo con el Manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía del MEFCCA et al. (2018).

Tabla 20

Diseño geométrico de la obra de captación

Parámetro	Valor
Volumen (m ³)	715.8
Tirante (metros)	2.0
Altura de seguridad (metros)	0.5
Talud (metros)	2.0

Anclaje geomembrana (metros)	4
Ancho reservorio a cerco (metros)	4.0
Profundidad del agua (metros)	1.5
Ancho base (metros)	12.5
Largo base (metros)	19.3
Ancho superior (metros)	20.5
Largo superior (metros)	27.3
Área del reservorio (m ²)	559.65

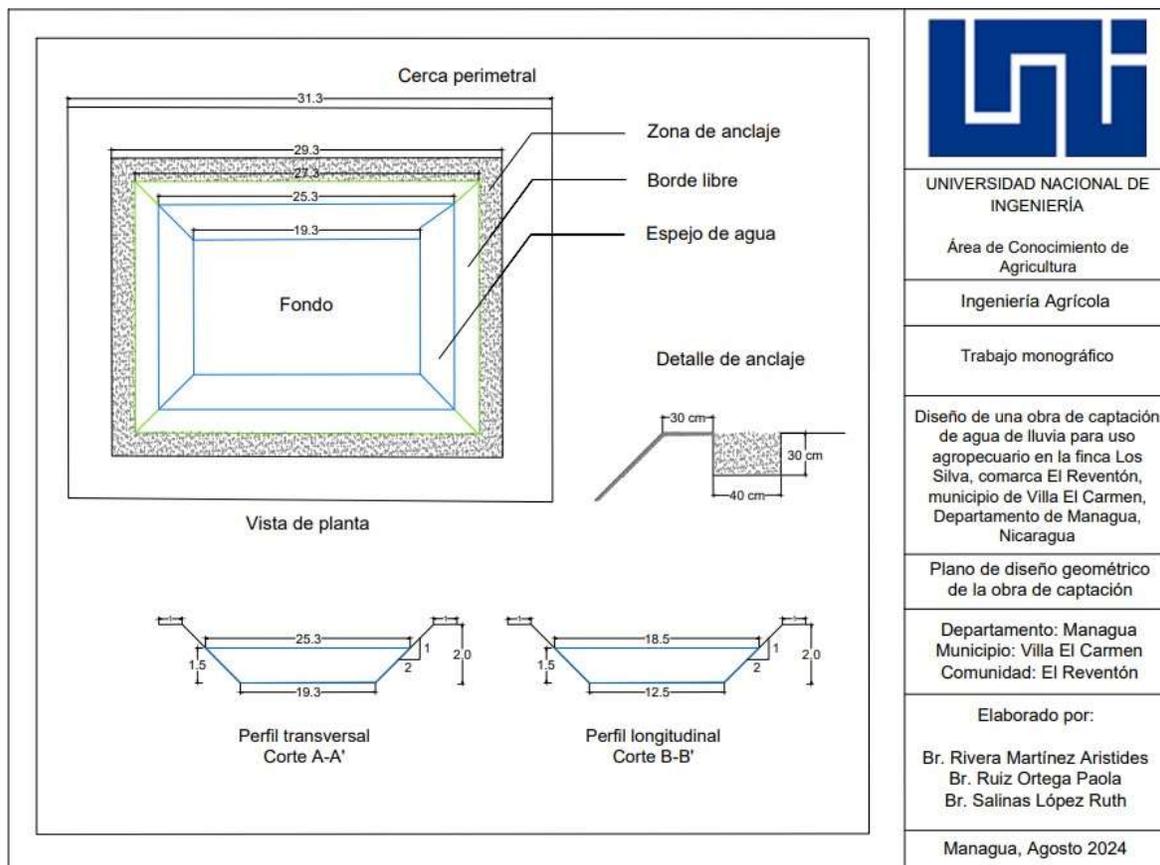
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las dimensiones de la obra, la base de la estructura fue calculada con un ancho de 12.5 m y un largo de 19.3 m, proporcionando una plataforma sólida y estable para la captación y retención del agua. En la parte superior, la obra presenta un ancho de 20.5 m y un largo de 27.3 m, asegurando una superficie adecuada para la operación y mantenimiento del sistema.

La altura del agua proyectada se estableció en 1.5 m, priorizando la altura de seguridad prevista. Como resultado de estas dimensiones, el reservorio cuenta con un área total de 559.65 m². Las dimensiones se obtuvieron a través de cálculos geométricos precisos, en función del volumen requerido y las características específicas del diseño.

Figura 20

Plano del diseño geométrico de la obra de captación



Fuente: Elaboración propia

- Diseño del cercado perimetral

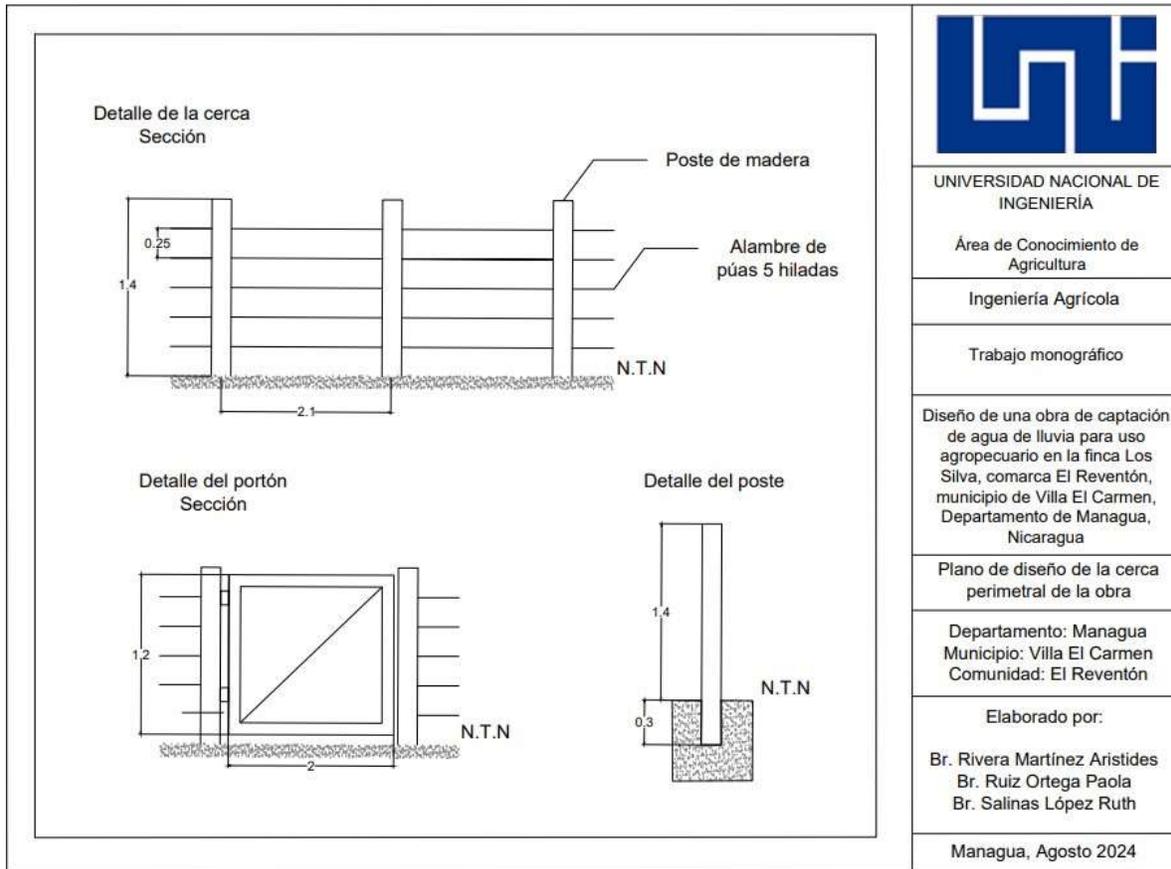
A continuación se presenta el diseño detallado de la cerca perimetral para la obra de captación de agua, una estructura esencial diseñada con el fin primordial de asegurar la seguridad tanto de las personas como de los animales que puedan habitar o transitar por la zona.

La cerca perimetral ha sido diseñada con una altura de 1.7 m, ofrece una barrera robusta que cumple con controlar el acceso. Los postes están espaciados uniformemente a 2.1 m de distancia, de acuerdo con el Manual de construcción rural

de Lujan (2015), se requieren de 30 cm de profundidad y una altura perimetral de 1.4m.

Figura 21

Plano estructural del cercado perimetral



Fuente: Elaboración propia

La estructura incluye cinco líneas de alambre de púas distribuidas a lo largo de la cerca para incrementar la seguridad. Para permitir un acceso controlado, se incorpora un portón de 2 metros de ancho, diseñado con los mismos estándares de robustez y seguridad que el resto de la cerca.

De acuerdo con el Manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía del MEFCCA et al. (2018), la instalación de la cerca se

ubicará a 2 metros de distancia de la obra, abarcando un área de 31.3 m por 24.5 m. Esto resulta en una superficie total cercada de 766.85 metros cuadrados.

2.4. Costos de realización de la obra

A continuación, se realiza un análisis exhaustivo del costo de realización de la obra, desglosando los costos asociados a materiales, mano de obra, equipamiento y otros gastos relevantes.

Este análisis proporciona una visión clara de viabilidad económica del proyecto y sus implicaciones financieras a corto y largo plazo.

2.4.1. Costo de materiales

A continuación, se desglosarán los costos asociados a los diversos rubros en los que se utilizarán materiales. Este desglose detalla los gastos previstos para cada partida, proporcionando una visión clara de la asignación presupuestaria. Cabe destacar que todos los precios mencionados están sujetos a cotizaciones y pueden variar en función de las ofertas recibidas y las condiciones del mercado en el momento de la compra.

Para calcular el costo total de los materiales necesarios para el cercado, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de los requisitos específicos del proyecto. Se estimaron un total de 23 postes de madera con dimensiones de 4"x4"x1.7m, sin embargo, dado que los postes de 1.7 metros no están disponibles en el mercado, será necesario adquirir postes de mayor tamaño (4"x4"x4m) y realizar el corte de estos para ajustarlos a la altura requerida.

Adicionalmente, se incluirán 1 rollo de alambre de púas calibre 13 y 3 libras de grapas galvanizadas para asegurar el alambre, garantizando así la resistencia y

durabilidad de la cerca. Resultando el costo total para los materiales de la cerca de \$541.02.

Tabla 21

Costo de materiales de la cerca perimetral

Concepto	UM	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Total (US\$)
Postes de madera 4"x4"x4m	Unidad	23	17.76	400.51
Alambre de púa 13 x 350 Var STD	Rollo	1	66.59	66.59
Grapas galvanizadas 1 1/4" p/cercas	Libra	3	1.12	3.35
	Impuesto 15%			70.57
Total				541.02

Fuente: Elaboración propia

Para la estructura del portón, se ha determinado la necesidad de tres reglas de madera con dimensiones de 1"x2"x3.2m. Además, se ha calculado que se requiere una libra de clavos de pulgada y media para el ensamblaje.

Para asegurar el funcionamiento y cierre del portón, se incluirán dos bisagras cuadradas de 4"x4", así como un candado laminado de 50 mm y una cadena de acero galvanizado de 21 pies y 1/2" de diámetro, siendo así el costo total para los materiales del portón es de \$47.56.

Tabla 22*Costo de materiales del portón*

Concepto	UM	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Total (US\$)
Reglas 1"x2"x3.2m	Unidad	3	4.07	12.22
Bisagra cuadrada 4"x4"	Unidad	2	4.60	9.19
Clavos corriente 1 1/2" para madera	Libra	1	1.45	1.45
Candado laminado 50 mm	Unidad	1	10.32	10.32
Cadena de acero galvanizado 21 pies:1/2"	Unidad	1	8.17	8.17
			Impuesto 15%	6.20
			Total	47.56

Fuente: Elaboración propia

Para el revestimiento del área, se ha seleccionado una geomembrana HDPE de 60 milímetros de grosor. Se ha estimado la necesidad de 447.45 metros cuadrados de geomembrana, la cotización para la geomembrana HDPE se realizó por metro cuadrado en lugar de por rollo debido a las políticas del distribuidor, que ofrece el material en base a esta unidad de medida, resultando en un costo total de \$3,453.66.

Tabla 23*Costo de material geo sintético*

Concepto	UM	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Total (US\$)
Geomembrana HDPE 60 mil ancho: 7.1 mil	m ²	447.45	6.71	3,003.19
			Impuesto 15%	450.48
			Total	3,453.66

Fuente: Elaboración propia

Para optimizar el uso de la obra de captación de agua y mejorar la eficiencia en la toma del agua, se instalará un sifón. El sifón es un dispositivo crucial que permitirá la evacuación del agua de manera eficiente, previniendo problemas de acumulación y facilitando el flujo constante.

Para la implementación del sifón se utilizarán varios componentes esenciales. Se emplearán tres tubos de PVC de 6 metros con diámetro de 4", tubo de PVC de 6 metros con diámetro de 1.5". La conexión de estos tubos se realizará mediante una unión lisa de PVC de 4", un reductor de PVC de 4"x2", y un reductor de PVC de 2"x1 1/2".

El sistema incluirá una válvula bola de PVC lisa de 1 1/2", una unión TE de PVC de 1 1/2" y una válvula check de PVC de 1 1/2". El montaje se completará con pegamento y se planificaron tres viajes, uno para el transporte de los materiales y dos para el traslado de material sobrante del movimiento de tierra.

Tabla 24

Costo de materiales del sifón

Concepto	UM	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Total (US\$)
Tubería PVC 6mx4" SDR 41	Unidad	3	18.2	54.60
Tubería PVC 6mx1.5" SDR 13.5	Unidad	1	3.55	3.55
Unión lisa PVC 4"	Unidad	1	3.06	3.06
Reductor PVC 4"x2"	Unidad	1	0.66	0.66
Reductor PVC 2"x1 1/2"	Unidad	1	0.77	0.77
Válvula bola PVC lisa 1 1/2"	Unidad	1	4.89	4.89
Unión TE PVC 1 1/2"	Unidad	2	1.12	2.24
Válvula check PVC 1 1/2"	Unidad	1	19.92	19.92
Pegamento	1/8 Galón	1	4.89	4.89
Transporte	Viaje	3	27.33	81.99
	Total			176.58

Fuente: Elaboración propia

El costo total para estos componentes es de \$176.58. La implementación adecuada de estos elementos garantizará una toma de agua eficiente y funcional en el sistema de captación.

Tabla 25*Costo total de los materiales*

Concepto	Total (US\$)
Costo de materiales de la cerca	541.02
Costo de materiales del portón	47.56
Costo de material geo sintético	3,453.66
Costo de material del sifón	176.58
Total	4,218.81

Fuente: Elaboración propia

Sumando todos los conceptos, el costo total asciende a \$4,218.81. Este monto cubre todos los aspectos ligados a materiales para la construcción y funcionamiento eficiente del sistema de captación de agua, incluyendo la cerca perimetral, el portón, el revestimiento geo sintético y el sifón.

2.4.2. Costo de mano de obra

Para la ejecución del proyecto de captación de agua, se ha planificado un período total de construcción de tres meses, durante el cual se llevarán a cabo diversas actividades de construcción y mano de obra, cada una con requisitos específicos en términos de tiempo y recursos humanos.

Dado el complejo acceso a la zona de estudio, se ha decidido optar por el uso de mano de obra local en lugar de maquinaria pesada para la ejecución de las tareas relacionadas con el proyecto. Esta decisión responde a las dificultades inherentes al terreno, que incluyen caminos estrechos y condiciones de acceso limitadas, las cuales hacen inviable el transporte y la operación de equipos pesados.

La primera actividad del proyecto es la limpieza del sitio, la cual se llevará a cabo en un solo día. Esta tarea será realizada por una cuadrilla de tres operarios, con un costo por hora de \$8.20. La limpieza incluye la remoción de escombros, vegetación y otros elementos que podrían interferir con el avance del proyecto.

El movimiento de tierra es una actividad crítica que se realizará de manera manual debido a las limitaciones de acceso al sitio para maquinaria pesada. Esta tarea involucra la remoción de un volumen total de 727 m³, que incluye tanto el volumen de agua que se captará como el volumen de seguridad previsto.

La actividad está programada para un período de 63 días y será ejecutada por una cuadrilla de ocho operarios. La cantidad de trabajadores necesaria se determinó utilizando el rendimiento promedio de mano de obra por día, según lo establecido en el manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía del MEFCCA et al. (2018).

La instalación de la geomembrana HDPE, esencial para el revestimiento del área de captación, será llevada a cabo por un servicio especializado contratado para esta tarea, con un costo unitario de \$7 por metro cuadrado. Se asignan tres días para completar la instalación. Este tiempo incluye la preparación del material, su colocación y las pruebas necesarias para garantizar su correcto funcionamiento.

Instalación de la cerca perimetral se realizará en un período de tres días. Para esta tarea se empleará una cuadrilla de tres operarios. La cerca es fundamental para delimitar el área y asegurar tanto el sitio como las instalaciones.

Finalmente, la construcción e instalación del portón se llevará a cabo en dos días. Esta tarea será realizada por una cuadrilla de tres operarios. El portón es crucial para el acceso controlado al área de captación, proporcionando tanto seguridad como funcionalidad.

Tabla 26

Costo de mano de obra

Concepto	UM	Cantidad	Costo unitario (US\$)	Total (US\$)
Limpieza	D/H	1	8.2	24.60
Movimiento de tierra	D/H	63	8.2	4,132.80

Instalación de geomembrana	m2	433	7	3,031.00
Instalación del cercado	D/H	2	8.2	49.20
Construcción e instalación del portón	D/H	2	8.2	49.20
Total				7,286.80

Fuente: Elaboración propia

El costo total de mano de obra para todas las actividades descritas asciende a \$7,286.80. Todos los costos están calculados en función del tiempo requerido y la cantidad de mano de obra, con precios basados en el costo por hora y el área cubierta.

2.4.3. Inversión total

La siguiente tabla muestra la inversión total de la obra, abarcando todos los costos asociados con materiales, mano de obra, y otros gastos pertinentes necesarios para la ejecución de la obra.

Tabla 27

Inversión total de la obra

Concepto	Total (US\$)
Costo de materiales	4,218.82
Costo de mano de obra	7,286.80
Subtotal	11,505.62
Imprevistos	1,150.56
Total	12,656.18

Fuente: Elaboración propia

El costo total de los materiales necesarios para el proyecto asciende a \$4,218.82. Este monto incluye todos los materiales esenciales para la construcción, como la geomembrana, la cerca perimetral, el portón y los componentes para el sifón.

El costo total de mano de obra es de \$7,286.80. Este costo cubre todas las actividades de construcción y montaje, incluyendo la limpieza del sitio, el

movimiento de tierra manual, la instalación de la geomembrana, la construcción de la cerca perimetral y la instalación del portón.

Se ha asignado un monto para imprevistos del 10 %. Esta reserva es fundamental para cubrir cualquier gasto adicional o imprevisto que pueda surgir durante la ejecución del proyecto, como costos adicionales de materiales, mano de obra extra o ajustes imprevistos en el trabajo.

La inversión total del proyecto es de \$12,656.18. Este monto final refleja el presupuesto completo necesario para llevar a cabo el proyecto de captación de agua, incluyendo tanto los costos directos como una reserva para manejar cualquier eventualidad.

III. CONCLUSIÓN

El análisis climático e hidrológico para el proyecto de captación de agua de lluvia en la subcuenca El Tigre revela condiciones significativas que influyen en el diseño de la obra. Las precipitaciones medias anuales de 1,193.16 mm y temperaturas promedio de 27.77°C crean un entorno con períodos estacionales de déficit hídrico entre diciembre y abril, y posibles excedentes desde abril hasta noviembre.

La textura del suelo, variando entre franco arenoso y franco arcilloso, y una densidad aparente que indica compactación moderada, afecta la capacidad de infiltración y escorrentía. La geomembrana HDPE seleccionada para el revestimiento del área de captación responde a estas condiciones al ofrecer una barrera impermeable crucial para los suelos arenosos, que presentan una alta tasa de infiltración inicial que disminuye con el tiempo.

La evaluación morfométrica de la cuenca, con una pendiente promedio del 48.07%, clasifica el terreno como escarpado y susceptible a la erosión y deslizamientos de tierra. Estos factores, junto con una red fluvial eficiente pero con tiempos de concentración de 56.04 minutos, exigen un diseño de captación que minimice la erosión y optimice la recolección del agua superficial. La obra de captación está diseñada para abordar estos desafíos con un volumen proyectado de 715 m³, una relación de talud de 2:1, y una geomembrana impermeable para asegurar una retención adecuada y prevenir la erosión.

Finalmente, el costo total del proyecto, que asciende a \$12,656.18, abarca los materiales, la mano de obra y un porcentaje adicional para imprevistos. Este presupuesto integral asegura la viabilidad económica del proyecto, garantizando que se cumplan los requisitos técnicos y funcionales de la obra.

IV. RECOMENDACIÓN

- Realizar un monitoreo semestral de las condiciones del suelo para detectar posibles alteraciones debido a la excavación. Esto incluye análisis de textura, estructura y nutrientes del suelo para asegurar su adecuada recuperación.
- Implementar un programa de reforestación en las zonas altas de la cuenca para incrementar la capacidad de infiltración del suelo y reducir la erosión. Esto contribuirá a mantener la calidad del agua en el reservorio.
- Construir zanjas de infiltración estratégicamente ubicadas para captar y dirigir el agua de lluvia hacia el reservorio, facilitando su almacenamiento y reduciendo la escorrentía superficial. Esto también puede beneficiar la conservación del suelo y la biodiversidad local.
- Implementar prácticas de manejo ganadero que regulen el acceso al abrevadero, minimizando la compactación del suelo y la contaminación del agua almacenada.
- Colocar pluviómetros en varias ubicaciones dentro del área para monitorear de manera precisa la cantidad de precipitación recibida. Esto ayudará a gestionar mejor la captación y el uso del agua de lluvia.
- Fomentar la participación activa de los habitantes locales en el mantenimiento y monitoreo del reservorio, prácticas sostenibles de gestión del agua, como el uso eficiente del agua de lluvia, la rotación de cultivos y el manejo adecuado de residuos agrícolas.
- Se recomienda la búsqueda de ayuda a través de apoyo financiero para la realización de la obra.
- Implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad de agua. Esto garantizara no solo la salud de los animales y la calidad de los cultivos, sino también la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre Núñez, Mario. 2011. «La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos». *Revista Virtual REDESMA* 9.
- Anaya, Manuel, Aurora Pérez, Inés Martínez, y Nuria López. 2018. «Sistemas de Captación del Agua de Lluvia (SCALL)».
- Artedimatico. 2022. «CONDUCTIVIDAD ELECTRICA». *Equipos y laboratorio de Colombia*. Recuperado 13 de agosto de 2024 (<https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/conductividad-electrica>).
- Asensio Arroyo, Gloria Eneyda. 2005. «Diagnóstico de infraestructura escolar e internacional de seis municipios del departamento de Managua, Villa El Carmen».
- Asensio, Ibáñez, Moreno Ramón, y Gisbert Blanquer. 2010. «Morfología de las cuencas hidrográficas».
- ATL. 2009. «Cuenca hidrográfica». Recuperado 22 de octubre de 2023 (http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=820:cuenca-hidrografica&catid=58:cuenas-hidrogrcas&Itemid=471).
- Autoridad Nacional del Agua. 2019. «Fisiografía». *Drupal*. Recuperado 4 de diciembre de 2023 (<https://www.ana.gob.pe/2019/consejo-de-cuenca/pampas/F>).
- Betanco Ponce, Carmen Abigail, y Carlos Alberto Zúniga González. 2016. «Cambio Climático y sus consecuencias en Nicaragua». *Revista iberoamericana de bioeconomia y cambio climatico* 2(1):180-92. doi: 10.5377/ribcc.v2i1.5693.
- Blanquer, Gisbert, Juan Manuel, Ibáñez Asensio, y Moreno Ramón. 2010. «La textura de un suelo». 8.
- Bordino, Josefina. 2023. «Efluentes: qué son y características - Resumen». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://www.geoenciclopedia.com/efluentes-que-son-y-caracteristicas-668.html>).
- Brophy, Mike. 2022. «Evapotranspiración: cuidando el uso del agua - NASA Ciencia». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://ciencia.nasa.gov/ciencias-terrestres/evapotranspiracion-como-vigilar-el-uso-del-agua/>).

- Cajina Canelo, Mauricio José. 2006. «Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río Aguas Calientes, Nicaragua.» 227.
- Camacho, Alison. 2016. «Cuencas Hidrograficas». Recuperado 22 de octubre de 2023 (https://issuu.com/alisoncamacho/docs/hila_ali_sei_jor_bry).
- Camacho, Nayra, Magnolia Calderón, Raúl Martínez, y Arizmendis Montoya. 2003. «Artículos - cobertura vegetal - Instituciones Iberoamericanas - Plataforma de Institutos Geográficos y Cartográficos de América latina, España, Portugal». Recuperado 3 de diciembre de 2023 (http://www.geoinstitutos.org/art_03_cober2.html).
- Campillo, Elizabeth, Yezyd Lidueñas, y Maria Castro. 2016. «Plan de cobertura vegetales del Distrito de Cartagena 2016 -2026».
- Carbo, C. 1999. «Análisis y estudio de suelo en Trópicos».
- Cardona, Benjamín Lux. 2019. «Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.»
- CATIE. 2020. *EL SISTEMA DE COSECHA DE AGUA DE ESCORRENTÍAS*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Consejo, Juan Jose, y Graciela Hernandez Alarcon. 2018. «Cosecha de agua de lluvia». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/sistemas-de/sistemas-de-abastecimiento-de-agua/sistemas-de-abastecimiento-de-7/cosecha-de-agua-de-lluvia>).
- CORASCO. 2008. «Manual para la Revisión de Costos y Presupuestos».
- Coronadp, Ing Anibelka De Jesus. 2017. «Importancia del presupuesto en un proyecto de Construcción». *costos2*. Recuperado 26 de noviembre de 2023 (<https://www.adejesusrd.com/single-post/2017/02/21/importancia-del-presupuesto-en-un-proyecto-de-construcción>).
- ECODES. 2021. «La realidad del agua en Nicaragua: una intervención en la que agua y género van de la mano». *ECODES - Tiempo de actuar*. Recuperado 3 de diciembre de 2023 (<https://ecodes.org/hacemos/cooperacion-para-el-desarrollo/eje-2-agua-y-saneamiento/la-realidad-del-agua-en-nicaragua-una-intervencion-en-la-que-agua-y-genero-van-de-la-mano>).
- Electrónica, Maher. 2020. «Conductividad Eléctrica del Suelo y su Influencia en la Agricultura». *Maher Electrónica*. Recuperado 24 de junio de 2024 (<https://www.maherelectronica.com/conductividad-electrica-agricultura/>).
- Espinoza, Jorge Alejandro. 2012. «Tabajo del clima». Recuperado 22 de octubre de 2023 (https://www.academia.edu/16515881/Tabajo_del_clima).

- Esri. 2023. «Definición de Uso Del Suelo | Diccionario SIG». Recuperado 10 de septiembre de 2024 (<https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/land-use>).
- FAO. 2006. «Evapotranspiración del cultivo». 322.
- Fernandez, Ana Zita. 2022. «¿Qué es la precipitación y cuáles son sus tipos? - Significados». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://www.significados.com/precipitacion/>).
- Gamez Morales, William. 2010. *Texto basico de hidrologia*. 1 era. Managua, Nicaragua: Editronic, S.A.
- Garcia, Paula. 2021. «¿Qué es un SIG, GIS o Sistema de Información Geográfica?» *Geoinnova*. Recuperado 14 de agosto de 2024 (<https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-un-sig-gis-o-sistema-de-informacion-geografica/>).
- Gutiérrez, Harold. 2013. «Densidad de Drenaje | PDF». *Scribd*. Recuperado 4 de diciembre de 2023 (<https://es.scribd.com/doc/143222614/Densidad-de-Drenaje>).
- Instituto Nacional de Geología y Geofísica. 2019. «Geología – IGG-CIGEO». Recuperado 10 de septiembre de 2024 (<https://igg.unan.edu.ni/geoportal/index.php/geologia/>).
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. 2017. «DIRECCION GENERAL DE GEOFISICA». Recuperado 10 de septiembre de 2024 (<https://webserver2.ineter.gob.ni/legal.html>).
- LA PRENSA. 2015. «Escasez de Agua Ya Es Alarmante - Nicaragua». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://reliefweb.int/report/nicaragua/escasez-de-agua-ya-es-alarmante>).
- Loft. 2022. «¿Qué es el uso del suelo y cuál es su importancia?» Recuperado 29 de octubre de 2023 (<https://loft.com.mx/blog/que-es-el-uso-del-suelo/>).
- Lopez Gutierrez, Denis Alexandra. 2016. «Estudio morfometrico y calculo de caudal de creciente en la hacienda pozo rubio por metodo racional entre caño venado y caño el pescado».
- Lujan, Ricardo. 2015. «Manual de construccion rural».
- MARENA. 2019. «CAUSAS DE LA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN FORESTAL EN NICARAGUA».
- Marquez, Andrea. 2021. «¿Qué es un AFLUENTE? - Definición, nombres y más». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-afluente-3264.html>).

- Martínez Medina, Luis Carlos, y Julio Cesar López Pérez. 2013. «Diseño de sistema de fertirrigación con obras de captación utilizando cosecha de agua». 194.
- MEFCCA, COSUDE, y CATIE. 2018. «Manual de construcción y supervisión de reservorios para captación de escorrentía».
- Moncada G, O., Ricardo Radulovich, y R. Rodríguez A. 1994. «Captación de agua de lluvia en el hogar rural».
- Montesdeoca Guaycha, Sandro Melecio, y Fernando Alfonso Cedillo Bravo. 2011. «Densidad aparente, sus problemas y posibles soluciones». B.S. thesis, Universidad del Azuay.
- Mourello, Ramon Gonzalvo. 2010. «Recursos: Divisoria de aguas». *Recursos*. Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://enlacespolivalentes.blogspot.com/2010/11/divisoria-de-aguas.html>).
- Narvaez. 2009. «FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS».
- Obando, Nohelia. 2018. «costo y presupuestos de obras civiles - 1☺ CONTENIDO CAPITULO I: GENERALIDADES INTRODUCCION - Studocu». Recuperado 26 de noviembre de 2023 (<https://www.studocu.com/latam/document/universidad-nacional-de-ingenieria-nicaragua/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos/costo-y-presupuestos-de-obras-civiles/4991877>).
- Ochoa Aravina, Rudy Hidalgo, Ronal Ernesto Padilla Cambara, y Oscar Eduardo Sánchez Hernández. 2003. «Aprovechamiento del agua lluvia como fuente de abastecimiento de agua potable para el canton “el progreso”, departamento de la libertad». 256.
- Ochoa, Fernanda. 2023. «Análisis morfométrico de una cuenca hidrográfica». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://acolita.com/analisis-morfometrico-de-una-cuenca-hidrografica/>).
- Ondarse Álvarez, Dianelys. 2021. «pH - Concepto, escala de medidas, cómo se mide y ejemplos». <https://concepto.de/>. Recuperado 13 de agosto de 2024 (<https://concepto.de/ph/>).
- Ondarse Álvarez, Dianelys. 2024. «Conductividad Eléctrica - Concepto y tipos de conductividad». <https://concepto.de/>. Recuperado 13 de agosto de 2024 (<https://concepto.de/conductividad-electrica/>).
- Osorio, N. W. 2012. «pH DEL SUELO Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES».
- Padilla Duarte, Emilseth Carolina. 2019. «GUIA DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE FUNDAMENTOS DEL SUELO».

- Palacios Hernández, Geryll de Jes, y Yorlin Joel Vásquez Otero. 2014. «Evaluación de los Sistemas de captación de agua de lluvia en el casco urbano de Matagalpa, 2013.» 67.
- Planas, Oriol. 2016. «¿Qué es la temperatura? Concepto, definición y unidades». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://solar-energia.net/termodinamica/propiedades-termodinamicas/temperatura>).
- PNUD. 2014. «Decenio Internacional para la Acción “El agua, fuente de vida” 2005-2015. Áreas temáticas: Escasez de agua». Recuperado 4 de diciembre de 2023 (<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>).
- Porras, Patricia. 2017. «Caracterización de la cuenca del río La Vieja». 32.
- Rhoton, Stephen. 2023. «Qué es la Temperatura: Características, Cómo se mide y Escalas». *Significados*. Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://www.significados.com/temperatura/>).
- Rodríguez, Marian. 2022. «Cómo hacer un presupuesto de obra - Guía y plantilla». *PlanRadar*. Recuperado 26 de noviembre de 2023 (<https://www.planradar.com/es/presupuestos-obra/>).
- Rojo, Julián. 2014. «Morfometría de cuencas».
- Rothschuh, Ulla. 2023. «Qué es la taxonomía y cómo se clasifica - Resumen». *Ecología verde*. Recuperado 29 de octubre de 2023 (<https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-taxonomia-y-como-se-clasifica-4241.html>).
- Rotoplas. 2021. «¿Qué es el Balance hídrico? - Rotoplas Agroindustria». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://rotoplas.com.ar/agroindustria/que-es-el-balance-hidrico/>).
- Rucks, Garcia, Kaplan, Ponce de Leon, y Hill. 2004. «Propiedades Físicas del Suelo». 68.
- Sampieri, Roberto. 2014. *Metodología de la investigación*. 6 ta edición. Mexico: Printed in Mexico.
- Sanchez San Roman, Javier. 2018. «Precipitaciones». 10.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2016. «Técnicas de cosecha de agua». Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/tecnicas-de-cosecha-de-agua>).
- Sposob, Gustavo. 2016. «Clima: qué es, tipos de climas y características». <https://humanidades.com/>. Recuperado 22 de octubre de 2023 (<https://humanidades.com/clima/>).

- Sposob, Gustavo. 2023. «Escorrentía - Concepto, tipos y cómo se calcula». Recuperado 10 de septiembre de 2024 (<https://concepto.de/escorrentia/>).
- Sunderland, Terry. 2012. «Porqué la taxonomía es importante para la ciencia que estudia la biodiversidad - CIFOR Forests News». *Los Bosques en las Noticias*. Recuperado 29 de octubre de 2023 (<https://forestsnews.cifor.org/9509/que-la-taxonomia-es-importante-para-la-ciencia-que-estudia-la-biodiversidad?fnl=en>).
- Torrealba, Germán. 2020. «ESTRUCTURA DE COSTOS Y PRESUPUESTO DE OBRA». Recuperado 26 de noviembre de 2023 (<https://es.linkedin.com/pulse/estructura-de-costos-y-presupuesto-obras-germ%C3%A1n-e-torrealba>).
- Universitat Carlemany. 2023. «Sistema de información geográfica: ¿Qué es y qué hace el GIS?» *UCMA*. Recuperado 14 de agosto de 2024 (<https://www.universitatcarlemany.com/actualidad/blog/sistema-informacion-geografica/>).
- Valdivielso, Alberto. 2020. «¿Qué es la escorrentía?» *iAgua*. Recuperado 25 de noviembre de 2023 (<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-escorrentia>).
- Vasconez, Michelle, Andrea Mancheno, Cesar Alvarez, Claudia Prehn, Carina Cevallos, Liliana Ortiz, y Miguel Araque Arellano. 2019. «Cuencas hidrográficas». 136.
- Velasco, Hugo, Aderaldo Silva, Rene Veenhuizen, Saúl Pérez, Manuel Anaya, Bárbara León, Néstor Cabas, Everaldo Porto, y Raúl Morales. 2000. «Captación y almacenamiento de agua de lluvia».
- Velasquez, Jus. 2021. «Densidad Aparente y Densidad Real de Un Sólido». *Hive*. Recuperado 13 de agosto de 2024 (<https://hive.blog/hive-196387/@yusvelasquez/densidad-aparente-y-densidad-real-de-un-solido>).
- Villafuerte, Sandra. 2010. «DISEÑO DE CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN PRINCIPAL, RESERVORIO Y REDES SECUNDARIAS DEL PROYECTO DE RIEGO CARIACU - ROMERILLOS». 313.
- Villegas, Pedro. 2013. «Densidad de drenaje con de una cuenca arcgis». *Agua y S/G*. Recuperado 4 de diciembre de 2023 (<https://aguaysig.com/densidad-de-drenaje-con-de-una-cuenca-arcgis/>).
- Wicitec. 2018. «MÓDULO 3 – COSTOS Y PRESUPUESTOS: ¿CÓMO DETERMINAR LOS COSTOS DE UNA OBRA? - El Oficial». Recuperado 26 de noviembre de 2023 (<https://www.eloficial.ec/modulo-3-costos-y-presupuestos-como-determinar-los-costos-de-una-obra/>).

Zelaya Carrero, Denis Francisco. 2018. «Diseño de un sistema de captación de agua pluvial en techos (SCAPT) para consumo humano». 105.

VI. ANEXOS

6.1. Anexo 1. Caracterización climática de la zona

Tabla 28

Precipitación anual estación El Boquete

Estación:		EL BOQUETE / EL CRUCERO						Latitud: 11°57'43"N		Longitud: 86°26'13"W		Tipo: HMOT	
Código: 69224		Años: 1991 - 2021		Parámetro: Precipitación (mm)		Elevación: 490 msnm							
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1991	0.02	0.01	0.10	1.25	63.43	160.00	18.69	7.71	133.45	41.29	0.32	0.19	426.46
1992	0.01	5.72	10.71	1.94	204.67	145.94	64.63	156.86	126.80	46.99	9.28	1.70	775.25
1993	3.53	0.03	1.86	15.06	210.90	78.07	21.40	43.90	60.60	36.21	8.62	0.74	480.92
1994	0.19	0.32	0.00	0.30	10.92	30.32	8.66	42.67	62.58	23.72	22.27	2.16	204.11
1995	0.01	0.00	15.22	3.47	34.91	60.26	38.99	103.97	141.62	118.88	11.22	3.53	532.08
1996	6.21	0.27	1.91	10.55	42.25	54.88	36.33	32.44	41.81	86.91	22.55	1.65	337.76
1997	21.87	0.13	0.53	2.24	2.10	95.95	18.33	50.47	76.44	106.72	46.78	0.00	421.56
1998	0.00	0.00	1.13	0.14	41.23	148.10	67.83	92.46	216.80	333.65	48.85	12.93	963.12
1999	2.41	46.07	5.92	4.72	65.72	127.35	58.85	108.48	294.69	148.81	25.26	0.89	889.17
2000	0.64	0.42	0.02	4.35	130.37	105.87	41.01	83.53	299.39	82.40	17.74	2.32	768.06
2001	7.75	0.34	1.70	0.17	96.10	29.90	44.18	41.33	244.31	98.15	18.63	0.72	583.28
2002	2.88	9.37	0.22	2.12	235.18	55.37	109.97	124.67	171.29	118.89	35.66	0.98	866.60
2003	1.74	0.52	17.24	83.97	169.04	164.98	76.08	75.77	113.95	176.13	66.02	6.08	951.52
2004	0.70	0.17	3.70	2.98	135.74	81.40	90.38	79.07	304.19	112.76	52.50	5.99	869.58
2005	0.04	0.41	41.22	7.92	156.63	308.98	100.29	167.30	438.71	363.60	44.59	1.04	1630.73
2006	0.40	3.43	0.01	6.26	98.27	207.74	148.62	68.71	167.23	148.81	44.21	1.93	895.62
2007	0.00	0.14	8.58	41.53	233.07	118.51	145.82	286.87	351.90	560.20	12.10	7.68	1766.40

2008	1.39	1.19	0.50	30.38	170.26	296.03	230.16	334.00	563.83	417.28	61.04	1.67	2107.73
2009	0.25	0.70	0.43	0.00	182.86	349.93	78.20	65.53	116.17	150.86	72.23	16.94	1034.10
2010	0.03	0.63	0.76	126.62	230.87	272.02	332.98	338.17	394.28	127.02	34.93	0.06	1858.37
2011	0.22	8.93	17.83	18.70	273.16	266.22	334.66	265.41	261.78	447.48	15.66	4.50	1914.55
2012	0.01	0.05	0.49	66.61	174.99	180.07	38.51	243.45	196.79	210.00	0.92	2.39	1114.28
2013	0.10	0.02	0.63	13.60	263.18	192.73	113.93	160.86	352.95	268.46	66.68	3.19	1436.33
2014	0.16	1.05	1.97	4.15	125.85	112.82	4.70	137.48	426.95	320.45	103.48	0.42	1239.48
2015	0.04	1.58	2.52	6.52	19.99	110.59	25.61	61.03	197.59	208.62	155.78	11.81	801.68
2016	0.04	0.86	1.41	42.23	158.75	369.56	106.75	193.81	252.86	358.18	176.79	67.42	1728.66
2017	0.13	0.39	0.53	50.83	385.51	401.88	85.99	377.49	333.80	580.02	39.16	4.67	2260.40
2018	3.63	0.84	0.07	25.08	364.09	182.73	28.78	75.94	156.41	499.41	37.43	2.44	1376.85
2019	1.55	0.03	0.04	6.08	368.01	113.52	58.93	111.18	208.09	459.67	23.10	1.51	1351.71
2020	0.25	0.06	0.15	11.20	208.71	316.95	153.45	235.88	516.18	624.83	1187.72	22.34	3277.72
2021	1.51	0.22	2.96	77.52	121.00	431.73	209.80	567.05	511.43	196.27	3.34	1.15	2123.98
Suma	57.71	83.90	140.36	668.49	4977.76	5570.40	2892.51	4733.49	7734.87	7472.67	2464.86	191.04	
Med	1.86	2.71	4.53	21.56	160.57	179.69	93.31	152.69	249.51	241.05	79.51	6.16	1193.16

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 29

Precipitación anual estación San Isidro de la Cruz Verde

Estación:	SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE / NINDIRI						Latitud:	12°4'48" N		Longitud:	86°15'0" W		Tipo:	HMOT
Código:	69048		Años:	1991 - 2021			Parámetro:	Precipitación (mm)			Elevación:	290 msnm		
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma	
1991	0.02	0.01	0.10	1.25	63.43	160.00	18.69	7.71	133.45	41.29	0.32	0.19	426.46	
1992	0.01	5.72	10.71	1.94	204.67	145.94	64.63	156.86	126.80	46.99	9.28	1.70	775.25	
1993	3.53	0.03	1.86	15.06	210.90	78.07	21.40	43.90	60.60	36.21	8.62	0.74	480.92	
1994	0.19	0.32	0.00	0.30	10.92	30.32	8.66	42.67	62.58	23.72	22.27	2.16	204.11	

1995	0.01	0.00	15.22	3.47	34.91	60.26	38.99	103.97	141.62	118.88	11.22	3.53	532.08
1996	6.21	0.27	1.91	10.55	42.25	54.88	36.33	32.44	41.81	86.91	22.55	1.65	337.76
1997	21.87	0.13	0.53	2.24	2.10	95.95	18.33	50.47	76.44	106.72	46.78	0.00	421.56
1998	0.00	0.00	1.13	0.14	41.23	148.10	67.83	92.46	216.80	333.65	48.85	12.93	963.12
1999	2.41	46.07	5.92	4.72	65.72	127.35	58.85	108.48	294.69	148.81	25.26	0.89	889.17
2000	0.64	0.42	0.02	4.35	130.37	105.87	41.01	83.53	299.39	82.40	17.74	2.32	768.06
2001	7.75	0.34	1.70	0.17	96.10	29.90	44.18	41.33	244.31	98.15	18.63	0.72	583.28
2002	2.88	9.37	0.22	2.12	235.18	55.37	109.97	124.67	171.29	118.89	35.66	0.98	866.60
2003	1.74	0.52	17.24	83.97	169.04	164.98	76.08	75.77	113.95	176.13	66.02	6.08	951.52
2004	0.70	0.17	3.70	2.98	135.74	81.40	90.38	79.07	304.19	112.76	52.50	5.99	869.58
2005	0.04	0.41	41.22	7.92	156.63	308.98	100.29	167.30	438.71	363.60	44.59	1.04	1630.73
2006	0.40	3.43	0.01	6.26	98.27	207.74	148.62	68.71	167.23	148.81	44.21	1.93	895.62
2007	0.00	0.14	8.58	41.53	233.07	118.51	145.82	286.87	351.90	560.20	12.10	7.68	1766.40
2008	1.39	1.19	0.50	30.38	170.26	296.03	230.16	334.00	563.83	417.28	61.04	1.67	2107.73
2009	0.25	0.70	0.43	0.00	182.86	349.93	78.20	65.53	116.17	150.86	72.23	16.94	1034.10
2010	0.03	0.63	0.76	126.62	230.87	272.02	332.98	338.17	394.28	127.02	34.93	0.06	1858.37
2011	0.22	8.93	17.83	18.70	273.16	266.22	334.66	265.41	261.78	447.48	15.66	4.50	1914.55
2012	0.01	0.05	0.49	66.61	174.99	180.07	38.51	243.45	196.79	210.00	0.92	2.39	1114.28
2013	0.10	0.02	0.63	13.60	263.18	192.73	113.93	160.86	352.95	268.46	66.68	3.19	1436.33
2014	0.16	1.05	1.97	4.15	125.85	112.82	4.70	137.48	426.95	320.45	103.48	0.42	1239.48
2015	0.04	1.58	2.52	6.52	19.99	110.59	25.61	61.03	197.59	208.62	155.78	11.81	801.68
2016	0.04	0.86	1.41	42.23	158.75	369.56	106.75	193.81	252.86	358.18	176.79	67.42	1728.66
2017	0.13	0.39	0.53	50.83	385.51	401.88	85.99	377.49	333.80	580.02	39.16	4.67	2260.40
2018	3.63	0.84	0.07	25.08	364.09	182.73	28.78	75.94	156.41	499.41	37.43	2.44	1376.85
2019	1.55	0.03	0.04	6.08	368.01	113.52	58.93	111.18	208.09	459.67	23.10	1.51	1351.71
2020	0.25	0.06	0.15	11.20	208.71	316.95	153.45	235.88	516.18	624.83	1187.72	22.34	3277.72
2021	1.51	0.22	2.96	77.52	121.00	431.73	209.80	567.05	511.43	196.27	3.34	1.15	2123.98
Suma	57.71	83.90	140.36	668.49	4977.76	5570.40	2892.51	4733.49	7734.87	7472.67	2464.86	191.04	
Med	1.86	2.71	4.53	21.56	160.57	179.69	93.31	152.69	249.51	241.05	79.51	6.16	1193.16

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 30

Temperatura mínima anual estación El Boquete

Estación:		EL BOQUETE / EL CRUCERO						Latitud: 11°57'43"N		Longitud: 86°26'13"W		Tipo:	HMOT		
Código:		69224	Años:			1991 - 2021			Parámetro:		Precipitación (mm)		Elevación:		490 msnm
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma		
1991	22.90	22.61	23.81	25.12	25.61	24.83	24.20	24.94	24.65	24.01	23.45	23.03	289.17		
1992	22.64	23.38	23.69	25.45	25.33	24.97	23.89	23.73	23.97	23.60	23.88	23.21	287.74		
1993	23.27	23.07	23.87	25.66	25.72	24.59	24.06	24.54	24.34	24.45	24.32	23.42	291.31		
1994	22.94	23.16	23.58	24.69	26.31	25.36	25.52	25.01	25.28	24.55	24.55	23.99	294.94		
1995	22.90	23.14	24.66	26.00	25.86	25.57	25.03	24.79	24.55	24.14	23.72	23.90	294.27		
1996	22.48	23.07	23.36	24.98	25.52	25.32	24.41	24.59	25.40	24.44	23.91	22.75	290.22		
1997	22.91	23.49	23.51	24.84	25.47	25.21	25.53	25.42	25.55	24.51	24.38	22.69	293.51		
1998	23.59	24.53	25.17	25.63	26.49	25.56	24.59	25.12	24.85	24.35	23.01	22.48	295.36		
1999	22.40	34.64	22.75	24.47	25.09	24.95	23.85	24.27	24.16	23.26	22.26	21.02	293.13		
2000	21.19	21.77	23.18	24.54	24.87	24.49	24.18	24.67	24.38	23.24	23.20	23.12	282.84		
2001	22.25	22.75	23.35	24.69	26.11	24.68	24.90	25.48	24.54	24.48	23.11	23.73	290.09		
2002	23.13	23.01	23.56	24.55	25.55	24.70	24.40	24.30	24.93	24.08	23.12	23.22	288.55		
2003	22.79	23.26	24.33	25.50	25.54	24.65	24.34	24.32	24.99	24.62	23.94	23.01	291.27		
2004	22.99	23.64	24.31	25.48	25.54	24.70	24.22	24.78	24.73	24.35	22.53	22.30	289.57		
2005	22.30	21.89	25.13	25.93	25.85	25.42	24.52	24.60	24.46	23.84	22.78	22.37	289.08		
2006	22.39	22.57	23.25	25.30	25.30	24.73	24.39	24.60	24.37	24.75	23.11	23.53	288.30		
2007	22.96	23.18	24.52	25.91	25.67	24.61	24.27	24.49	24.15	24.02	22.52	21.49	287.79		
2008	21.85	22.78	23.61	24.52	25.11	24.28	23.49	24.02	24.45	23.71	22.26	21.35	281.43		
2009	21.55	22.28	22.56	24.61	25.47	24.69	24.26	24.37	24.62	24.30	23.17	22.93	284.81		
2010	22.42	24.36	24.33	26.10	25.46	24.82	24.24	24.39	24.61	23.84	22.01	19.95	286.53		

2011	21.97	22.82	23.00	24.90	25.31	24.62	24.17	24.47	24.58	23.56	22.12	21.61	283.15
2012	21.74	22.69	23.10	25.03	25.46	24.93	24.17	24.64	23.97	23.87	21.93	22.44	283.97
2013	23.02	22.99	24.05	25.62	24.92	24.67	24.05	23.92	24.70	24.13	23.54	22.23	287.84
2014	22.01	22.62	23.78	25.26	25.30	24.94	25.31	25.03	24.43	24.13	22.93	21.55	287.30
2015	22.25	22.68	23.72	25.38	25.95	25.44	25.09	25.74	25.03	25.09	23.75	23.90	294.02
2016	23.18	23.46	24.93	26.28	26.12	24.76	24.27	24.94	24.33	24.31	23.22	22.78	292.57
2017	21.61	22.65	24.13	25.61	25.44	24.88	24.19	24.57	24.86	24.23	23.02	22.08	287.27
2018	22.43	22.55	23.26	25.15	25.32	24.44	24.09	24.28	24.63	23.77	23.69	22.22	285.82
2019	22.49	23.57	23.76	25.73	25.65	25.10	24.41	25.05	24.91	24.53	23.61	23.05	291.85
2020	23.47	24.10	24.37	25.67	26.25	24.73	24.14	24.70	24.91	24.16	23.99	21.85	292.34
2021	21.93	22.92	23.68	24.94	25.01	25.06	24.44	24.57	24.53	24.72	23.04	22.67	287.49
Suma	697.95	725.63	738.31	783.51	792.60	771.68	756.65	764.35	763.88	749.05	720.06	699.86	
Med	22.51	23.41	23.82	25.27	25.57	24.89	24.41	24.66	24.64	24.16	23.23	22.58	289.15

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 31

Temperatura media anual estación El Boquete

Estación:		EL BOQUETE / EL CRUCERO						Latitud: 11°57'43"N		Longitud: 86°26'13"W		Tipo: HMOT	
Código:		Años:		Parámetro:		Precipitación (mm)		Elevación:		490 msnm			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1991	27.74	28.14	29.29	30.27	29.29	28.35	27.79	28.81	28.14	26.88	27.73	27.45	339.85
1992	27.82	28.43	29.32	30.37	29.10	27.44	26.66	26.86	26.71	27.13	27.90	27.93	335.67
1993	28.21	28.62	29.35	30.29	28.17	27.10	27.59	28.13	27.51	27.92	28.67	28.46	339.99
1994	28.04	28.48	29.41	30.00	30.39	29.17	29.55	29.12	28.54	27.38	28.40	28.70	347.18
1995	28.05	28.59	29.72	30.53	29.58	28.35	28.42	26.98	26.65	26.03	27.74	27.97	338.61
1996	27.50	28.58	29.12	30.26	29.02	29.14	27.85	28.40	28.48	27.19	27.26	27.60	340.41
1997	27.75	28.34	28.95	29.85	30.41	27.89	29.25	29.35	28.75	27.30	27.69	27.62	343.14

1998	28.71	29.43	30.45	31.21	30.36	28.81	27.85	28.07	26.57	25.87	25.54	26.02	338.88
1999	26.86	35.08	28.19	29.56	28.54	27.88	27.12	27.04	25.78	25.01	25.21	25.32	331.59
2000	26.07	26.90	28.49	29.81	28.72	27.53	27.95	28.18	26.29	25.97	26.97	27.64	330.49
2001	26.98	27.51	28.66	30.08	29.87	28.15	28.62	28.97	27.33	27.22	26.61	27.96	337.96
2002	27.91	28.13	29.21	30.14	29.10	27.21	27.15	27.61	27.35	26.62	26.76	27.59	334.77
2003	27.45	28.25	29.10	30.26	28.78	26.74	27.36	27.84	27.98	27.12	26.99	27.34	335.19
2004	27.77	28.63	29.50	30.61	29.14	27.73	27.80	28.21	26.89	26.53	25.99	26.78	335.58
2005	27.09	27.47	29.72	30.75	28.77	27.06	26.78	26.95	26.47	25.26	25.38	25.79	327.48
2006	26.48	27.26	28.72	30.24	29.29	27.05	27.13	27.61	27.27	27.36	26.61	27.80	332.85
2007	27.76	28.58	29.90	29.88	28.68	27.25	27.12	26.57	26.21	25.65	25.15	25.32	328.07
2008	26.19	27.63	28.83	29.61	28.54	26.66	25.81	26.20	26.16	25.58	25.09	25.01	321.31
2009	25.96	27.05	28.02	29.72	28.85	26.94	26.67	27.44	27.86	27.29	26.42	27.32	329.52
2010	27.31	29.20	29.78	30.34	28.63	26.82	26.26	26.46	26.07	26.26	24.95	24.25	326.31
2011	26.71	28.06	28.45	29.82	28.54	26.70	26.34	26.70	26.53	25.43	25.30	25.25	323.83
2012	26.12	27.37	28.48	29.27	28.53	27.25	27.27	27.50	26.50	26.20	25.66	27.08	327.24
2013	27.71	28.28	29.01	30.60	28.59	27.04	26.56	26.76	26.55	26.35	26.13	25.78	329.35
2014	26.53	27.73	29.23	30.31	29.62	28.09	29.24	28.56	26.75	26.16	25.72	25.25	333.19
2015	26.39	27.71	28.97	30.39	30.33	28.50	28.98	29.93	28.17	27.59	26.62	27.68	341.26
2016	28.08	28.53	30.20	30.57	29.63	26.99	26.84	27.38	26.67	26.50	25.89	25.59	332.86
2017	25.71	27.54	29.15	30.08	27.60	26.95	26.68	26.94	26.68	26.19	26.08	25.69	325.28
2018	26.42	27.33	28.94	29.94	28.11	26.66	27.01	27.50	27.62	26.00	26.68	26.30	328.52
2019	27.39	28.59	29.19	30.63	28.19	27.70	27.68	28.39	27.72	26.47	26.43	26.91	335.30
2020	27.87	29.03	29.80	30.77	29.55	26.84	26.76	26.88	26.99	26.18	25.82	25.04	331.53
2021	25.79	27.87	29.07	29.29	28.94	27.75	27.03	26.76	26.52	26.92	26.12	26.56	328.61
Suma	842.39	878.34	904.19	935.42	900.84	853.73	851.10	858.09	839.69	821.55	819.49	827.00	
Med	27.17	28.33	29.17	30.17	29.06	27.54	27.45	27.68	27.09	26.50	26.44	26.68	333.29

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 32*Temperatura máxima anual estación El Boquete*

Estación:		EL BOQUETE / EL CRUCERO						Latitud: 11°57'43"N		Longitud: 86°26'13"W		Tipo:	HMOT
Código:		69224	Años:		1991 - 2021		Parámetro:		Precipitación (mm)		Elevación:		490 msnm
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1991	33.28	34.24	35.51	35.86	33.57	32.39	31.94	33.10	32.29	30.56	32.64	32.62	398.00
1992	33.43	34.14	35.54	35.94	33.37	30.44	30.12	30.68	30.10	31.29	32.66	33.10	390.82
1993	33.58	34.62	35.27	35.53	31.21	30.16	31.71	32.40	31.41	32.23	33.80	33.98	395.89
1994	33.58	34.24	35.55	35.91	35.30	33.30	34.07	33.76	32.49	31.12	33.21	33.98	406.50
1995	33.63	34.38	35.31	35.78	34.13	31.99	32.55	30.06	29.54	28.79	32.36	32.61	391.13
1996	32.92	34.39	35.27	35.72	33.26	33.31	31.81	32.84	32.66	30.91	31.60	32.99	397.66
1997	33.15	33.94	35.01	35.49	35.73	31.27	33.64	33.92	32.82	30.96	31.96	33.11	401.00
1998	34.49	35.29	36.27	37.22	35.10	32.78	31.74	31.88	29.01	27.94	28.66	30.45	390.83
1999	32.11	32.62	34.20	35.04	32.77	31.58	30.97	30.76	28.33	27.30	28.88	30.52	375.06
2000	31.89	32.69	34.48	35.50	33.15	31.18	32.38	32.37	28.87	29.28	31.55	32.84	386.17
2001	32.34	33.11	34.57	35.84	34.31	32.29	32.98	33.10	30.68	30.75	30.92	33.10	393.99
2002	33.57	33.66	35.09	35.80	33.26	30.33	30.63	31.75	30.64	29.99	31.19	32.97	388.87
2003	33.18	34.38	34.72	35.66	32.75	29.34	30.98	32.13	31.95	30.45	30.88	32.42	388.82
2004	33.25	34.36	35.24	36.30	33.16	31.38	32.04	32.22	29.80	29.30	30.19	32.07	389.32
2005	32.72	33.57	35.15	36.17	32.41	29.22	29.40	29.73	29.04	27.31	28.61	29.97	373.29
2006	31.46	32.71	34.47	35.57	33.93	30.09	30.57	31.26	30.86	30.75	30.81	32.81	385.28
2007	33.27	34.39	35.39	34.42	32.76	30.39	30.51	29.19	28.80	27.67	28.37	29.77	374.95
2008	31.37	33.12	34.39	35.09	32.77	29.56	28.53	28.79	28.29	27.84	28.43	29.41	367.61
2009	31.28	32.70	34.03	35.28	32.81	29.55	29.60	31.11	31.81	31.07	30.45	32.65	382.33
2010	33.04	34.68	35.68	35.03	32.36	29.33	28.62	28.85	28.05	29.11	28.42	29.39	372.55
2011	32.14	33.67	34.16	35.01	32.15	29.23	28.85	29.34	28.84	27.74	28.98	29.62	369.73
2012	31.32	32.81	34.20	33.95	32.06	30.05	30.88	31.03	29.47	29.06	30.09	32.37	377.31
2013	33.20	34.04	34.50	35.76	32.94	29.84	29.39	30.06	28.88	28.94	29.25	30.07	376.88

2014	31.86	33.54	34.82	35.55	34.40	31.78	33.74	32.60	29.72	28.57	29.00	29.63	385.22
2015	31.56	33.49	34.61	35.70	34.99	32.25	33.32	34.51	31.92	30.68	30.06	32.30	395.38
2016	33.46	34.21	35.66	35.28	33.76	29.73	29.96	30.56	29.56	29.22	29.07	29.04	379.51
2017	30.64	33.12	34.60	35.08	30.36	29.40	29.52	29.74	28.87	28.58	29.55	30.07	369.53
2018	31.41	32.99	34.59	34.95	31.40	29.43	30.55	31.42	31.42	28.78	30.25	31.17	378.37
2019	32.92	34.21	34.84	35.83	31.38	30.85	31.53	32.38	31.21	28.91	29.80	31.43	385.28
2020	33.01	34.44	35.37	36.44	33.49	29.38	29.76	29.78	29.50	28.57	28.22	28.84	376.80
2021	30.46	33.42	34.69	34.26	33.45	30.86	30.05	29.38	28.88	29.58	29.88	31.29	376.20
Suma	1009.51	1047.16	1083.18	1100.95	1028.50	952.65	962.33	970.70	935.72	913.28	939.72	976.60	
Med	32.56	33.78	34.94	35.51	33.18	30.73	31.04	31.31	30.18	29.46	30.31	31.50	384.53

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 33

Temperatura mínima estación San Isidro de la Cruz Verde

Estación:		SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE / NINDIRI					Latitud:		12°4'48" N		Longitud:		86°15'0" W		Tipo:		HMOT	
Código:		69048		Años:		1991 - 2021		Parámetro:		Temperatura (°C)		Elevación:		290 msnm				
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma					
1991	22.90	22.61	23.81	25.12	25.61	24.83	24.20	24.94	24.65	24.01	23.45	23.03	289.17					
1992	22.64	23.38	23.69	25.45	25.33	24.97	23.89	23.73	23.97	23.60	23.88	23.21	287.74					
1993	23.27	23.07	23.87	25.66	25.72	24.59	24.06	24.54	24.34	24.45	24.32	23.42	291.31					
1994	22.94	23.16	23.58	24.69	26.31	25.36	25.52	25.01	25.28	24.55	24.55	23.99	294.94					
1995	22.90	23.14	24.66	26.00	25.86	25.57	25.03	24.79	24.55	24.14	23.72	23.90	294.27					
1996	22.48	23.07	23.36	24.98	25.52	25.32	24.41	24.59	25.40	24.44	23.91	22.75	290.22					
1997	22.91	23.49	23.51	24.84	25.47	25.21	25.53	25.42	25.55	24.51	24.38	22.69	293.51					
1998	23.59	24.53	25.17	25.63	26.49	25.56	24.59	25.12	24.85	24.35	23.01	22.48	295.36					
1999	22.40	34.64	22.75	24.47	25.09	24.95	23.85	24.27	24.16	23.26	22.26	21.02	293.13					
2000	21.19	21.77	23.18	24.54	24.87	24.49	24.18	24.67	24.38	23.24	23.20	23.12	282.84					

2001	22.25	22.75	23.35	24.69	26.11	24.68	24.90	25.48	24.54	24.48	23.11	23.73	290.09
2002	23.13	23.01	23.56	24.55	25.55	24.70	24.40	24.30	24.93	24.08	23.12	23.22	288.55
2003	22.79	23.26	24.33	25.50	25.54	24.65	24.34	24.32	24.99	24.62	23.94	23.01	291.27
2004	22.99	23.64	24.31	25.48	25.54	24.70	24.22	24.78	24.73	24.35	22.53	22.30	289.57
2005	22.30	21.89	25.13	25.93	25.85	25.42	24.52	24.60	24.46	23.84	22.78	22.37	289.08
2006	22.39	22.57	23.25	25.30	25.30	24.73	24.39	24.60	24.37	24.75	23.11	23.53	288.30
2007	22.96	23.18	24.52	25.91	25.67	24.61	24.27	24.49	24.15	24.02	22.52	21.49	287.79
2008	21.85	22.78	23.61	24.52	25.11	24.28	23.49	24.02	24.45	23.71	22.26	21.35	281.43
2009	21.55	22.28	22.56	24.61	25.47	24.69	24.26	24.37	24.62	24.30	23.17	22.93	284.81
2010	22.42	24.36	24.33	26.10	25.46	24.82	24.24	24.39	24.61	23.84	22.01	19.95	286.53
2011	21.97	22.82	23.00	24.90	25.31	24.62	24.17	24.47	24.58	23.56	22.12	21.61	283.15
2012	21.74	22.69	23.10	25.03	25.46	24.93	24.17	24.64	23.97	23.87	21.93	22.44	283.97
2013	23.02	22.99	24.05	25.62	24.92	24.67	24.05	23.92	24.70	24.13	23.54	22.23	287.84
2014	22.01	22.62	23.78	25.26	25.30	24.94	25.31	25.03	24.43	24.13	22.93	21.55	287.30
2015	22.25	22.68	23.72	25.38	25.95	25.44	25.09	25.74	25.03	25.09	23.75	23.90	294.02
2016	23.18	23.46	24.93	26.28	26.12	24.76	24.27	24.94	24.33	24.31	23.22	22.78	292.57
2017	21.61	22.65	24.13	25.61	25.44	24.88	24.19	24.57	24.86	24.23	23.02	22.08	287.27
2018	22.43	22.55	23.26	25.15	25.32	24.44	24.09	24.28	24.63	23.77	23.69	22.22	285.82
2019	22.49	23.57	23.76	25.73	25.65	25.10	24.41	25.05	24.91	24.53	23.61	23.05	291.85
2020	23.47	24.10	24.37	25.67	26.25	24.73	24.14	24.70	24.91	24.16	23.99	21.85	292.34
2021	21.93	22.92	23.68	24.94	25.01	25.06	24.44	24.57	24.53	24.72	23.04	22.67	287.49
Suma	697.95	725.63	738.31	783.51	792.60	771.68	756.65	764.35	763.88	749.05	720.06	699.86	
Med	22.51	23.41	23.82	25.27	25.57	24.89	24.41	24.66	24.64	24.16	23.23	22.58	289.15

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 34*Temperatura media anual estación San Isidro de la Cruz Verde*

Estación:		SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE / NINDIRI						Latitud: 12°4'48" N		Longitud: 86°15'0" W		Tipo: HMOT	
Código:		69048		Años: 1991 - 2021		Parámetro: Temperatura (°C)		Elevación:		290 msnm			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1991	27.74	28.14	29.29	30.27	29.29	28.35	27.79	28.81	28.14	26.88	27.73	27.45	339.85
1992	27.82	28.43	29.32	30.37	29.10	27.44	26.66	26.86	26.71	27.13	27.90	27.93	335.67
1993	28.21	28.62	29.35	30.29	28.17	27.10	27.59	28.13	27.51	27.92	28.67	28.46	339.99
1994	28.04	28.48	29.41	30.00	30.39	29.17	29.55	29.12	28.54	27.38	28.40	28.70	347.18
1995	28.05	28.59	29.72	30.53	29.58	28.35	28.42	26.98	26.65	26.03	27.74	27.97	338.61
1996	27.50	28.58	29.12	30.26	29.02	29.14	27.85	28.40	28.48	27.19	27.26	27.60	340.41
1997	27.75	28.34	28.95	29.85	30.41	27.89	29.25	29.35	28.75	27.30	27.69	27.62	343.14
1998	28.71	29.43	30.45	31.21	30.36	28.81	27.85	28.07	26.57	25.87	25.54	26.02	338.88
1999	26.86	35.08	28.19	29.56	28.54	27.88	27.12	27.04	25.78	25.01	25.21	25.32	331.59
2000	26.07	26.90	28.49	29.81	28.72	27.53	27.95	28.18	26.29	25.97	26.97	27.64	330.49
2001	26.98	27.51	28.66	30.08	29.87	28.15	28.62	28.97	27.33	27.22	26.61	27.96	337.96
2002	27.91	28.13	29.21	30.14	29.10	27.21	27.15	27.61	27.35	26.62	26.76	27.59	334.77
2003	27.45	28.25	29.10	30.26	28.78	26.74	27.36	27.84	27.98	27.12	26.99	27.34	335.19
2004	27.77	28.63	29.50	30.61	29.14	27.73	27.80	28.21	26.89	26.53	25.99	26.78	335.58
2005	27.09	27.47	29.72	30.75	28.77	27.06	26.78	26.95	26.47	25.26	25.38	25.79	327.48
2006	26.48	27.26	28.72	30.24	29.29	27.05	27.13	27.61	27.27	27.36	26.61	27.80	332.85
2007	27.76	28.58	29.90	29.88	28.68	27.25	27.12	26.57	26.21	25.65	25.15	25.32	328.07
2008	26.19	27.63	28.83	29.61	28.54	26.66	25.81	26.20	26.16	25.58	25.09	25.01	321.31
2009	25.96	27.05	28.02	29.72	28.85	26.94	26.67	27.44	27.86	27.29	26.42	27.32	329.52
2010	27.31	29.20	29.78	30.34	28.63	26.82	26.26	26.46	26.07	26.26	24.95	24.25	326.31
2011	26.71	28.06	28.45	29.82	28.54	26.70	26.34	26.70	26.53	25.43	25.30	25.25	323.83
2012	26.12	27.37	28.48	29.27	28.53	27.25	27.27	27.50	26.50	26.20	25.66	27.08	327.24
2013	27.71	28.28	29.01	30.60	28.59	27.04	26.56	26.76	26.55	26.35	26.13	25.78	329.35

2014	26.53	27.73	29.23	30.31	29.62	28.09	29.24	28.56	26.75	26.16	25.72	25.25	333.19
2015	26.39	27.71	28.97	30.39	30.33	28.50	28.98	29.93	28.17	27.59	26.62	27.68	341.26
2016	28.08	28.53	30.20	30.57	29.63	26.99	26.84	27.38	26.67	26.50	25.89	25.59	332.86
2017	25.71	27.54	29.15	30.08	27.60	26.95	26.68	26.94	26.68	26.19	26.08	25.69	325.28
2018	26.42	27.33	28.94	29.94	28.11	26.66	27.01	27.50	27.62	26.00	26.68	26.30	328.52
2019	27.39	28.59	29.19	30.63	28.19	27.70	27.68	28.39	27.72	26.47	26.43	26.91	335.30
2020	27.87	29.03	29.80	30.77	29.55	26.84	26.76	26.88	26.99	26.18	25.82	25.04	331.53
2021	25.79	27.87	29.07	29.29	28.94	27.75	27.03	26.76	26.52	26.92	26.12	26.56	328.61
Suma	842.39	878.34	904.19	935.42	900.84	853.73	851.10	858.09	839.69	821.55	819.49	827.00	
Med	27.17	28.33	29.17	30.17	29.06	27.54	27.45	27.68	27.09	26.50	26.44	26.68	333.29

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 35

Temperatura máxima anual estación San Isidro de la Cruz Verde

Estación:		SAN ISIDRO DE LA CRUZ VERDE / NINDIRI						Latitud: 12°4'48" N		Longitud: 86°15'0" W		Tipo: HMOT	
Código:		69048		Años: 1991 - 2021		Parámetro: Temperatura (°C)		Elevación:		290 msnm			
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1991	33.28	34.24	35.51	35.86	33.57	32.39	31.94	33.10	32.29	30.56	32.64	32.62	398.00
1992	33.43	34.14	35.54	35.94	33.37	30.44	30.12	30.68	30.10	31.29	32.66	33.10	390.82
1993	33.58	34.62	35.27	35.53	31.21	30.16	31.71	32.40	31.41	32.23	33.80	33.98	395.89
1994	33.58	34.24	35.55	35.91	35.30	33.30	34.07	33.76	32.49	31.12	33.21	33.98	406.50
1995	33.63	34.38	35.31	35.78	34.13	31.99	32.55	30.06	29.54	28.79	32.36	32.61	391.13
1996	32.92	34.39	35.27	35.72	33.26	33.31	31.81	32.84	32.66	30.91	31.60	32.99	397.66
1997	33.15	33.94	35.01	35.49	35.73	31.27	33.64	33.92	32.82	30.96	31.96	33.11	401.00
1998	34.49	35.29	36.27	37.22	35.10	32.78	31.74	31.88	29.01	27.94	28.66	30.45	390.83
1999	32.11	32.62	34.20	35.04	32.77	31.58	30.97	30.76	28.33	27.30	28.88	30.52	375.06
2000	31.89	32.69	34.48	35.50	33.15	31.18	32.38	32.37	28.87	29.28	31.55	32.84	386.17

2001	32.34	33.11	34.57	35.84	34.31	32.29	32.98	33.10	30.68	30.75	30.92	33.10	393.99
2002	33.57	33.66	35.09	35.80	33.26	30.33	30.63	31.75	30.64	29.99	31.19	32.97	388.87
2003	33.18	34.38	34.72	35.66	32.75	29.34	30.98	32.13	31.95	30.45	30.88	32.42	388.82
2004	33.25	34.36	35.24	36.30	33.16	31.38	32.04	32.22	29.80	29.30	30.19	32.07	389.32
2005	32.72	33.57	35.15	36.17	32.41	29.22	29.40	29.73	29.04	27.31	28.61	29.97	373.29
2006	31.46	32.71	34.47	35.57	33.93	30.09	30.57	31.26	30.86	30.75	30.81	32.81	385.28
2007	33.27	34.39	35.39	34.42	32.76	30.39	30.51	29.19	28.80	27.67	28.37	29.77	374.95
2008	31.37	33.12	34.39	35.09	32.77	29.56	28.53	28.79	28.29	27.84	28.43	29.41	367.61
2009	31.28	32.70	34.03	35.28	32.81	29.55	29.60	31.11	31.81	31.07	30.45	32.65	382.33
2010	33.04	34.68	35.68	35.03	32.36	29.33	28.62	28.85	28.05	29.11	28.42	29.39	372.55
2011	32.14	33.67	34.16	35.01	32.15	29.23	28.85	29.34	28.84	27.74	28.98	29.62	369.73
2012	31.32	32.81	34.20	33.95	32.06	30.05	30.88	31.03	29.47	29.06	30.09	32.37	377.31
2013	33.20	34.04	34.50	35.76	32.94	29.84	29.39	30.06	28.88	28.94	29.25	30.07	376.88
2014	31.86	33.54	34.82	35.55	34.40	31.78	33.74	32.60	29.72	28.57	29.00	29.63	385.22
2015	31.56	33.49	34.61	35.70	34.99	32.25	33.32	34.51	31.92	30.68	30.06	32.30	395.38
2016	33.46	34.21	35.66	35.28	33.76	29.73	29.96	30.56	29.56	29.22	29.07	29.04	379.51
2017	30.64	33.12	34.60	35.08	30.36	29.40	29.52	29.74	28.87	28.58	29.55	30.07	369.53
2018	31.41	32.99	34.59	34.95	31.40	29.43	30.55	31.42	31.42	28.78	30.25	31.17	378.37
2019	32.92	34.21	34.84	35.83	31.38	30.85	31.53	32.38	31.21	28.91	29.80	31.43	385.28
2020	33.01	34.44	35.37	36.44	33.49	29.38	29.76	29.78	29.50	28.57	28.22	28.84	376.80
2021	30.46	33.42	34.69	34.26	33.45	30.86	30.05	29.38	28.88	29.58	29.88	31.29	376.20
Suma	1009.51	1047.16	1083.18	1100.95	1028.50	952.65	962.33	970.70	935.72	913.28	939.72	976.60	
Med	32.56	33.78	34.94	35.51	33.18	30.73	31.04	31.31	30.18	29.46	30.31	31.50	384.53

Fuente: Data Access Viewer by NASA

Tabla 36*Evapotranspiración por hargreaves estación El Boquete*

Evapotranspiración por hargreaves									
Mes	Temperaturas promedios			Radiación extraterrestre	Evapotranspiración potencial				
	Temp mx	Temp med	Temp min	(Tmx-Tmin) ^{0.5}	RO MJ m-2 d-1	RO mm/d	ETO Diaria mm/d	Días	ETO mensual mm/mes
Enero	32.6	27.2	22.5	3.2	31.4	12.8	4.2	31.0	130.2
Febrero	33.8	28.3	23.4	3.2	34.2	13.9	4.8	28.0	133.3
Marzo	34.9	29.2	23.8	3.3	36.7	15.0	5.4	31.0	167.2
Abril	35.5	30.2	25.3	3.2	38.0	15.5	5.5	30.0	163.9
Mayo	33.2	29.1	25.6	2.8	37.8	15.4	4.6	31.0	142.1
Junio	30.7	27.5	24.9	2.4	37.3	15.2	3.8	30.0	115.0
Julio	31.0	27.5	24.4	2.6	37.4	15.2	4.1	31.0	126.6
Agosto	31.3	27.7	24.7	2.6	37.7	15.4	4.1	31.0	128.5
Septiembre	30.2	27.1	24.6	2.4	37.0	15.1	3.7	30.0	110.0
Octubre	29.5	26.5	24.2	2.3	34.8	14.2	3.3	31.0	103.2
Noviembre	30.3	26.4	23.2	2.7	32.0	13.0	3.5	30.0	105.9
Diciembre	31.5	26.7	22.6	3.0	30.5	12.4	3.8	31.0	117.9
Total									1543.6

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37*Evapotranspiración por hargreaves estación San Isidro de la Cruz Verde*

Evapotranspiración por hargreaves			
Mes	Temperaturas promedios	Radiación extraterrestre	Evapotranspiración potencial

	Temp mx	Temp med	Temp min	(Tmx-Tmin) ^{0.5}	RO MJ m-2 d-1	RO mm/d	ETO Diaria mm/d	Días	ETO mensual mm/mes
Enero	32.6	27.2	22.5	3.2	30.9	12.6	4.1	31.0	128.1
Febrero	33.8	28.3	23.4	3.2	33.8	13.8	4.7	28.0	131.9
Marzo	34.9	29.2	23.8	3.3	36.5	14.9	5.4	31.0	166.3
Abril	35.5	30.2	25.3	3.2	38.0	15.5	5.5	30.0	164.2
Mayo	33.2	29.1	25.6	2.8	38.0	15.5	4.6	31.0	142.8
Junio	30.7	27.5	24.9	2.4	37.6	15.3	3.9	30.0	115.9
Julio	31.0	27.5	24.4	2.6	37.6	15.3	4.1	31.0	127.4
Agosto	31.3	27.7	24.7	2.6	37.8	15.4	4.2	31.0	129.0
Septiembre	30.2	27.1	24.6	2.4	36.9	15.1	3.7	30.0	109.7
Octubre	29.5	26.5	24.2	2.3	34.5	14.1	3.3	31.0	102.3
Noviembre	30.3	26.4	23.2	2.7	31.5	12.9	3.5	30.0	104.4
Diciembre	31.5	26.7	22.6	3.0	30.0	12.2	3.7	31.0	115.9
Total									1537.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Balance climático

	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Total
Precipitación	249.5	241.1	79.5	6.2	1.9	2.7	4.5	21.6	160.6	179.7	93.3	152.7	249.5	1193.2
ETP corr.	109.9	102.7	105.1	116.9	129.1	132.6	166.7	164.1	142.5	115.4	127.0	128.7	109.9	1540.8
ETR	109.9	102.7	105.1	40.6	1.9	2.7	4.5	21.6	142.5	115.4	127.0	128.7	109.9	902.6
Déficit	0.0	0.0	0.0	76.3	127.3	129.9	162.2	142.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	638.2
Reserva	60.0	60.0	34.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	60.0	26.3	50.3	60.0	258.8
Excedentes	79.6	138.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.4	0.0	0.0	79.6	240.3

Fuente: Universidad de Salamanca

6.2. Anexo 2. Caracterización física de la zona

Tabla 39

Prueba de infiltración "El venado"

Lugar	El venado		Latitud	12°4'13.23"N	Longitud	86°24'15.43"W
Fecha	25/01/2024		Inicio	14:26	Fin	04:41:00 p.m.
Profundidad	30 cm	Carga	12 cm	Diámetro	7 cm	
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
02:26:00 p.m.	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02:27:00 p.m.	1	1.00	7.30	7.30	7.30	7.30
02:28:00 p.m.	1	2.00	9.00	1.70	9.00	1.70
02:29:00 p.m.	1	3.00	11.70	2.70	11.70	2.70
02:30:00 p.m.	1	4.00	12.20	0.50	12.20	0.50
02:31:00 p.m.	1	5.00	13.00	0.80	13.00	0.80
02:32:00 p.m.	1	6.00	15.60	2.60	15.60	2.60
02:33:00 p.m.	1	7.00	16.40	0.80	16.40	0.80
02:34:00 p.m.	1	8.00	18.70	2.30	18.70	2.30
02:35:00 p.m.	1	9.00	19.30	0.60	19.30	0.60
02:36:00 p.m.	1	10.00	20.00	0.70	20.00	0.70
02:38:00 p.m.	2	12.00	23.30	3.30	23.30	1.65
02:40:00 p.m.	2	14.00	26.90	3.60	26.90	1.80
02:42:00 p.m.	2	16.00	28.20	1.30	28.20	0.65
02:44:00 p.m.	2	18.00	32.40	4.20	32.40	2.10
02:46:00 p.m.	2	20.00	35.80	3.40	35.80	1.70
02:48:00 p.m.	2	22.00	37.00	1.20	37.00	0.60

02:50:00 p.m.	2	24.00	40.20	3.20	40.20	1.60
02:52:00 p.m.	2	26.00	43.30	3.10	43.30	1.55
02:54:00 p.m.	2	28.00	46.20	2.90	46.20	1.45
02:56:00 p.m.	2	30.00	49.20	3.00	49.20	1.50
02:58:00 p.m.	2	32.00	52.10	2.90	52.10	1.45
03:00:00 p.m.	2	34.00	56.90	4.80	56.90	2.40
03:02:00 p.m.	2	36.00	59.40	2.50	59.40	1.25
03:04:00 p.m.	2	38.00	63.90	4.50	63.90	2.25
03:06:00 p.m.	2	40.00	67.70	3.80	67.70	1.90
03:08:00 p.m.	2	42.00	70.40	2.70	70.40	1.35
03:08:00 p.m.	0	42.00	4.20	0.00	0.00	0.00
03:11:00 p.m.	3	45.00	7.60	3.40	3.40	1.13
03:14:00 p.m.	3	48.00	9.30	1.70	5.10	0.57
03:17:00 p.m.	3	51.00	11.10	1.80	6.90	0.60
03:20:00 p.m.	3	54.00	15.20	4.10	11.00	1.37
03:23:00 p.m.	3	57.00	20.40	5.20	16.20	1.73
03:26:00 p.m.	3	60.00	24.60	4.20	20.40	1.40
03:29:00 p.m.	3	63.00	30.40	5.80	26.20	1.93
03:32:00 p.m.	3	66.00	36.60	6.20	32.40	2.07
03:35:00 p.m.	3	69.00	40.20	3.60	36.00	1.20
03:38:00 p.m.	3	72.00	44.40	4.20	40.20	1.40
03:41:00 p.m.	3	75.00	51.20	6.80	47.00	2.27
03:44:00 p.m.	3	78.00	59.50	8.30	55.30	2.77
03:47:00 p.m.	3	81.00	62.40	2.90	58.20	0.97
03:50:00 p.m.	3	84.00	67.80	5.40	63.60	1.80
03:53:00 p.m.	3	87.00	72.10	4.30	67.90	1.43
03:53:00 p.m.	0	87.00	3.30	0.00	0.00	0.00
03:56:00 p.m.	3	90.00	6.70	3.40	3.40	1.13
03:59:00 p.m.	3	93.00	8.40	1.70	5.10	0.5

04:02:00 p.m.	3	96.00	10.00	1.60	6.70	0.53
04:05:00 p.m.	3	99.00	16.10	6.10	12.80	2.03
04:08:00 p.m.	3	102.00	22.50	6.40	19.20	2.13
04:11:00 p.m.	3	105.00	28.70	6.20	25.40	2.07
04:16:00 p.m.	5	110.00	34.50	5.80	31.20	1.16
04:21:00 p.m.	5	115.00	41.70	7.20	38.40	1.44
04:26:00 p.m.	5	120.00	48.30	6.60	45.00	1.32
04:31:00 p.m.	5	125.00	56.50	8.20	53.20	1.64
04:36:00 p.m.	5	130.00	63.10	6.60	59.80	1.32
04:41:00 p.m.	5	135.00	71.30	8.20	68.00	1.64

R:	1.53	cm/min
Kfs:	4.25E-02	cm/min
Kfs:	25.50	mm/h
Kfs:	153	mm/d

Franco arenoso

Fuente: Soilmoisture

Figura 22

Curva de infiltración prueba "El venado"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 40

Prueba de infiltración "Los limones"

Lugar	Los limones	Latitud	12°4'15.02"N	Longitud	86°23'26.95"W
Fecha	26/01/2024	Inicio	8:45	Fin	10:45:00 a.m.
Profundidad	30 cm	Carga	12 cm	Diámetro	7 cm

Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
08:45:00 a.m.	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
08:46:00 a.m.	1	1.00	1.80	1.80	1.80	1.80
08:47:00 a.m.	1	2.00	2.40	0.60	2.40	0.60
08:48:00 a.m.	1	3.00	2.60	0.20	2.60	0.20
08:49:00 a.m.	1	4.00	3.00	0.40	3.00	0.40
08:50:00 a.m.	1	5.00	3.80	0.80	3.80	0.80
08:51:00 a.m.	1	6.00	4.30	0.50	4.30	0.50
08:52:00 a.m.	1	7.00	5.00	0.70	5.00	0.70
08:53:00 a.m.	1	8.00	5.60	0.60	5.60	0.60
08:54:00 a.m.	1	9.00	6.20	0.60	6.20	0.60
08:55:00 a.m.	1	10.00	6.80	0.60	6.80	0.60
08:56:00 a.m.	1	11.00	7.50	0.70	7.50	0.70
08:57:00 a.m.	1	12.00	8.10	0.60	8.10	0.60
08:58:00 a.m.	1	13.00	8.50	0.40	8.50	0.40
08:59:00 a.m.	1	14.00	9.20	0.70	9.20	0.70
09:00:00 a.m.	1	15.00	9.90	0.70	9.90	0.70
09:01:00 a.m.	1	16.00	10.50	0.60	10.50	0.60
09:02:00 a.m.	1	17.00	11.30	0.80	11.30	0.80
09:03:00 a.m.	1	18.00	11.70	0.40	11.70	0.40
09:04:00 a.m.	1	19.00	12.30	0.60	12.30	0.60
09:05:00 a.m.	1	20.00	12.90	0.60	12.90	0.60
09:07:00 a.m.	2	22.00	14.10	1.20	14.10	0.60
09:09:00 a.m.	2	24.00	15.40	1.30	15.40	0.65
09:11:00 a.m.	2	26.00	16.60	1.20	16.60	0.60
09:13:00 a.m.	2	28.00	17.80	1.20	17.80	0.60
09:15:00 a.m.	2	30.00	18.00	0.20	18.00	0.10

09:17:00 a.m.	2	32.00	20.10	2.10	20.10	1.05
09:19:00 a.m.	2	34.00	21.30	1.20	21.30	0.60
09:21:00 a.m.	2	36.00	22.40	1.10	22.40	0.55
09:23:00 a.m.	2	38.00	23.60	1.20	23.60	0.60
09:26:00 a.m.	3	41.00	24.70	1.10	24.70	0.37
09:29:00 a.m.	3	44.00	26.50	1.80	26.50	0.60
09:32:00 a.m.	3	47.00	28.30	1.80	28.30	0.60
09:35:00 a.m.	3	50.00	30.10	1.80	30.10	0.60
09:38:00 a.m.	3	53.00	31.90	1.80	31.90	0.60
09:41:00 a.m.	3	56.00	33.70	1.80	33.70	0.60
09:44:00 a.m.	3	59.00	35.50	1.80	35.50	0.60
09:47:00 a.m.	3	62.00	37.30	1.80	37.30	0.60
09:50:00 a.m.	3	65.00	39.10	1.80	39.10	0.60
09:53:00 a.m.	3	68.00	40.90	1.80	40.90	0.60
09:56:00 a.m.	3	71.00	42.70	1.80	42.70	0.60
09:59:00 a.m.	3	74.00	44.50	1.80	44.50	0.60
10:02:00 a.m.	3	77.00	46.30	1.80	46.30	0.60
10:05:00 a.m.	3	80.00	48.10	1.80	48.10	0.60
10:10:00 a.m.	5	85.00	49.90	1.80	49.90	0.36
10:15:00 a.m.	5	90.00	52.50	2.60	52.50	0.52
10:20:00 a.m.	5	95.00	55.30	2.80	55.30	0.56
10:25:00 a.m.	5	100.00	58.00	2.70	58.00	0.54
10:30:00 a.m.	5	105.00	61.80	3.80	61.80	0.76
10:35:00 a.m.	5	110.00	64.70	2.90	64.70	0.58
10:40:00 a.m.	5	115.00	67.20	2.50	67.20	0.50
10:45:00 a.m.	5	120.00	70.00	2.80	70.00	0.56

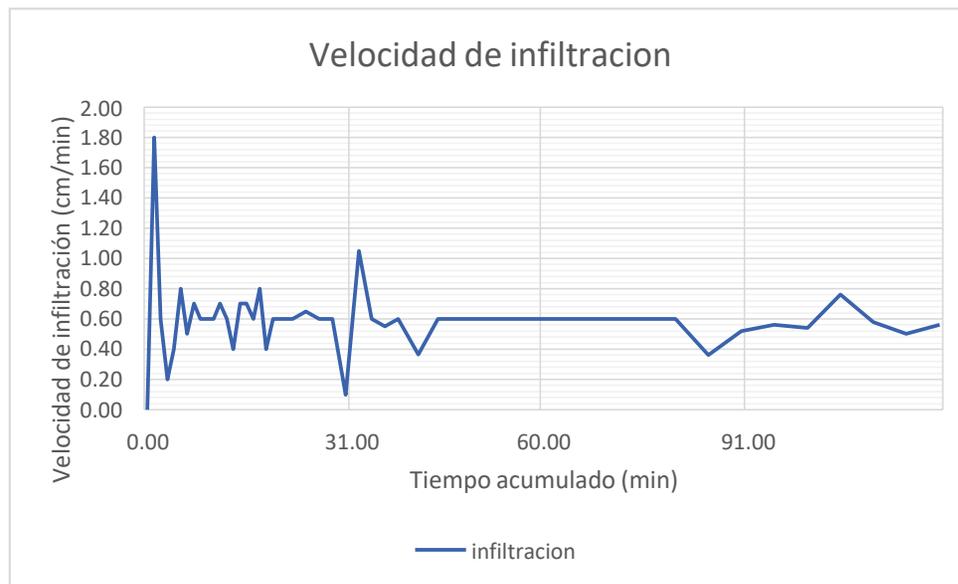
R:	0.56	cm/min
Kfs:	1.82E-02	cm/min
Kfs:	10.92	mm/h

Franco

Fuente: Soilmoisture

Figura 23

Curva de infiltración prueba "Los limones"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 41*Prueba de infiltración "La cantera"*

Lugar	La cantera		Latitud	12°3'49.13"N	Longitud	86°24'33.30"W
Fecha	26/01/2024		Inicio	11:14	Fin	01:14:00 p.m.
Profundidad	30 cm	Carga	10 cm		Diámetro	7 cm
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
11:14:00 a.m.	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11:15:00 a.m.	1	1.00	9.00	9.00	9.00	9.00
11:16:00 a.m.	1	2.00	12.00	3.00	12.00	3.00
11:17:00 a.m.	1	3.00	14.30	2.30	14.30	2.30
11:18:00 a.m.	1	4.00	16.60	2.30	16.60	2.30
11:19:00 a.m.	1	5.00	18.70	2.10	18.70	2.10
11:20:00 a.m.	1	6.00	20.80	2.10	20.80	2.10
11:21:00 a.m.	1	7.00	22.80	2.00	22.80	2.00
11:22:00 a.m.	1	8.00	24.70	1.90	24.70	1.90
11:23:00 a.m.	1	9.00	26.60	1.90	26.60	1.90
11:24:00 a.m.	1	10.00	28.40	1.80	28.40	1.80
11:25:00 a.m.	1	11.00	30.20	1.80	30.20	1.80
11:26:00 a.m.	1	12.00	32.10	1.90	32.10	1.90
11:27:00 a.m.	1	13.00	33.90	1.80	33.90	1.80
11:28:00 a.m.	1	14.00	35.60	1.70	35.60	1.70
11:29:00 a.m.	1	15.00	37.30	1.70	37.30	1.70
11:30:00 a.m.	1	16.00	38.90	1.60	38.90	1.60
11:31:00 a.m.	1	17.00	40.60	1.70	40.60	1.70
11:32:00 a.m.	1	18.00	42.30	1.70	42.30	1.70
11:33:00 a.m.	1	19.00	43.90	1.60	43.90	1.60

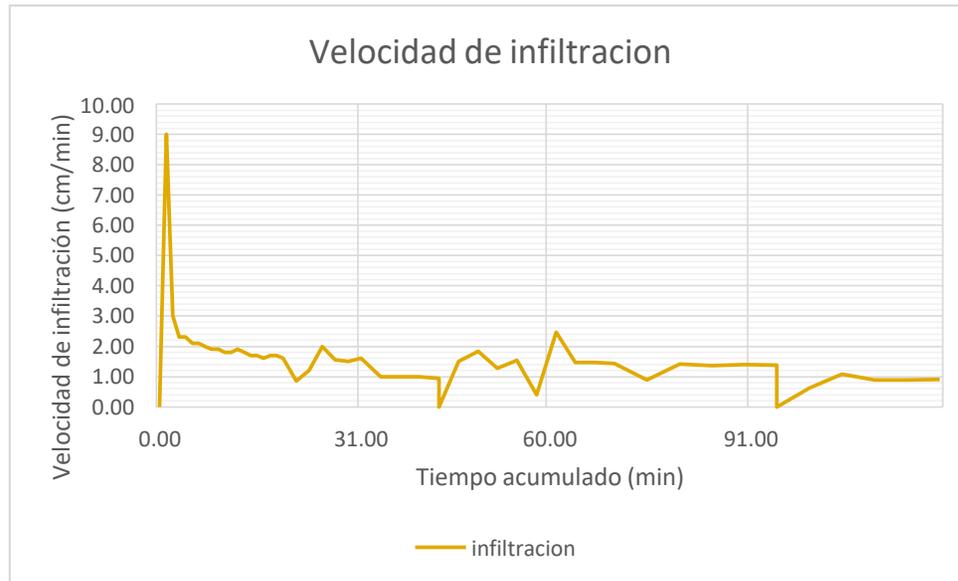
11:35:00 a.m.	2	21.00	45.60	1.70	45.60	0.85
11:37:00 a.m.	2	23.00	48.00	2.40	48.00	1.20
11:39:00 a.m.	2	25.00	52.00	4.00	52.00	2.00
11:41:00 a.m.	2	27.00	55.10	3.10	55.10	1.55
11:43:00 a.m.	2	29.00	58.10	3.00	58.10	1.50
11:45:00 a.m.	2	31.00	61.30	3.20	61.30	1.60
11:48:00 a.m.	3	34.00	64.30	3.00	64.30	1.00
11:51:00 a.m.	3	37.00	67.30	3.00	67.30	1.00
11:54:00 a.m.	3	40.00	70.30	3.00	70.30	1.00
11:57:00 a.m.	3	43.00	73.10	2.80	73.10	0.93
11:57:00 a.m.	0	43.00	0.50	0.00	0.00	0.00
12:00:00 p.m.	3	46.00	5.00	4.50	4.50	1.50
12:03:00 p.m.	3	49.00	10.50	5.50	10.00	1.83
12:06:00 p.m.	3	52.00	14.30	3.80	13.80	1.27
12:09:00 p.m.	3	55.00	18.90	4.60	18.40	1.53
12:12:00 p.m.	3	58.00	20.10	1.20	19.60	0.40
12:15:00 p.m.	3	61.00	27.50	7.40	27.00	2.47
12:18:00 p.m.	3	64.00	31.90	4.40	31.40	1.47
12:21:00 p.m.	3	67.00	36.30	4.40	35.80	1.47
12:24:00 p.m.	3	70.00	40.60	4.30	40.10	1.43
12:29:00 p.m.	5	75.00	45.00	4.40	44.50	0.88
12:34:00 p.m.	5	80.00	52.10	7.10	51.60	1.42
12:39:00 p.m.	5	85.00	58.90	6.80	58.40	1.36
12:44:00 p.m.	5	90.00	65.90	7.00	65.40	1.40
12:49:00 p.m.	5	95.00	72.80	6.90	72.30	1.38
12:49:00 p.m.	0	95.00	1.50	0.00	0.00	0.00
12:54:00 p.m.	5	100.00	4.60	3.10	3.10	0.62
12:59:00 p.m.	5	105.00	10.00	5.40	8.50	1.08
01:04:00 p.m.	5	110.00	14.40	4.40	12.90	0.88

01:09:00 p.m.	5	115.00	18.80	4.40	17.30	0.88
01:14:00 p.m.	5	120.00	23.30	4.50	21.80	0.90
			R:	0.94	cm/min	
			Kfs:	3.06E-02	cm/min	
			Kfs:	18.36	mm/h	Franco
			Kfs:	110.16	mm/d	

Fuente: Soilmoisture

Figura 24

Curva de infiltración prueba "La cantera"



Fuente: Elaboración propia

Tabla 42*Prueba de infiltración "La pileta"*

Lugar	La pileta		Latitud	12°3'22.21"N	Longitud	86°25'0.25"W
Fecha	26/01/2024		Inicio	2:34	Fin	04:34:00 a.m.
Profundidad	30 cm	Carga	8 cm		Diámetro	7 cm
Hora	Tiempo (min)	Tiempo acumulado (min)	lectura h (cm)	Dh (cm)	Infiltración acumulada (cm)	Velocidad de infiltración (cm/min)
02:34:00 a.m.	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02:35:00 a.m.	1	1.00	0.20	0.20	0.20	0.20
02:36:00 a.m.	1	2.00	0.50	0.30	0.50	0.30
02:37:00 a.m.	1	3.00	2.30	1.80	2.30	1.80
02:38:00 a.m.	1	4.00	3.40	1.10	3.40	1.10
02:39:00 a.m.	1	5.00	4.40	1.00	4.40	1.00
02:40:00 a.m.	1	6.00	5.20	0.80	5.20	0.80
02:41:00 a.m.	1	7.00	6.00	0.80	6.00	0.80
02:42:00 a.m.	1	8.00	7.00	1.00	7.00	1.00
02:43:00 a.m.	1	9.00	7.80	0.80	7.80	0.80
02:44:00 a.m.	1	10.00	8.70	0.90	8.70	0.90
02:45:00 a.m.	1	11.00	9.50	0.80	9.50	0.80
02:46:00 a.m.	1	12.00	10.30	0.80	10.30	0.80
02:47:00 a.m.	1	13.00	11.10	0.80	11.10	0.80
02:48:00 a.m.	1	14.00	12.00	0.90	12.00	0.90
02:49:00 a.m.	1	15.00	12.90	0.90	12.90	0.90
02:50:00 a.m.	1	16.00	13.70	0.80	13.70	0.80
02:51:00 a.m.	1	17.00	14.50	0.80	14.50	0.80
02:52:00 a.m.	1	18.00	15.30	0.80	15.30	0.80
02:53:00 a.m.	1	19.00	16.00	0.70	16.00	0.70

02:54:00 a.m.	1	20.00	16.80	0.80	16.80	0.80
02:55:00 a.m.	1	21.00	17.50	0.70	17.50	0.70
02:56:00 a.m.	1	22.00	18.40	0.90	18.40	0.90
02:57:00 a.m.	1	23.00	19.10	0.70	19.10	0.70
02:59:00 a.m.	2	25.00	20.80	1.70	20.80	0.85
03:01:00 a.m.	2	27.00	22.30	1.50	22.30	0.75
03:03:00 a.m.	2	29.00	23.80	1.50	23.80	0.75
03:05:00 a.m.	2	31.00	25.20	1.40	25.20	0.70
03:07:00 a.m.	2	33.00	27.80	2.60	27.80	1.30
03:09:00 a.m.	2	35.00	28.20	0.40	28.20	0.20
03:11:00 a.m.	2	37.00	29.60	1.40	29.60	0.70
03:13:00 a.m.	2	39.00	31.00	1.40	31.00	0.70
03:15:00 a.m.	2	41.00	32.50	1.50	32.50	0.75
03:18:00 a.m.	3	44.00	34.70	2.20	34.70	0.73
03:21:00 a.m.	3	47.00	37.80	3.10	37.80	1.03
03:24:00 a.m.	3	50.00	38.90	1.10	38.90	0.37
03:27:00 a.m.	3	53.00	41.00	2.10	41.00	0.70
03:30:00 a.m.	3	56.00	43.00	2.00	43.00	0.67
03:33:00 a.m.	3	59.00	45.10	2.10	45.10	0.70
03:36:00 a.m.	3	62.00	47.10	2.00	47.10	0.67
03:39:00 a.m.	3	65.00	49.20	2.10	49.20	0.70
03:42:00 a.m.	3	68.00	51.30	2.10	51.30	0.70
03:45:00 a.m.	3	71.00	53.50	2.20	53.50	0.73
03:48:00 a.m.	3	74.00	55.50	2.00	55.50	0.67
03:51:00 a.m.	3	77.00	57.60	2.10	57.60	0.70
03:54:00 a.m.	3	80.00	59.70	2.10	59.70	0.70
03:59:00 a.m.	5	85.00	63.20	3.50	63.20	0.70
04:04:00 a.m.	5	90.00	66.60	3.40	66.60	0.68
04:09:00 a.m.	5	95.00	70.00	3.40	70.00	0.68

04:09:00 a.m.	0	95.00	3.60	0.00	0.00	0.00
04:14:00 a.m.	5	100.00	7.20	3.60	3.60	0.72
04:19:00 a.m.	5	105.00	10.80	3.60	7.20	0.72
04:24:00 a.m.	5	110.00	14.40	3.60	10.80	0.72
04:29:00 a.m.	5	115.00	18.00	3.60	14.40	0.72
04:34:00 a.m.	5	120.00	18.00	0.00	14.40	0.00

R:	0.56	cm/min	
Kfs:	2.18E-02	cm/min	
Kfs:	13.08	mm/h	Franco
Kfs:	78.48	mm/d	

Fuente: Soilmoisture

Figura 25

Curva de infiltración prueba "La pileta"



Fuente: Elaboración propia

6.3. Anexo 3. Diseño de la obra

Figura 26

Sitio idóneos para el establecimiento de obras de cosecha de agua



Fuente: Cosecha de agua

6.4. Anexo 4. Costo de realización de la obra

Figura 27

Cotización de materiales de cercado y portón

SILVA INTERNACIONAL, S.A.
SINSA CARRETERA MASAYA
KM 8 1/2 CARRETERA MASAYA, FRENTE A PRIMERA ENTRADA A LAS COLINAS
TEL: 50522556969
jose.castillo@sinsa.com.ni

RUC: J0310000001812
ASFC 01/0015/02/2019/4

Tienda: 24 Caja: 13
Fecha: 7/8/24 Hora: 4:17 PM
Ticket: 70389
Vendedor: 1398 (Nelson Delgado)
Cajero: 1398

Nombre:
ADRIANA ILEANA RODRIGUEZ,S.A
RUC#: J0310000283664
KM 9.5 CARR VIEJA A LEON HOTEL NEJAPA 150MTS AL LAGO , NEJAPA, MANAGUA
NEJAPA NICARAGUA

C O T I Z A C I O N
Q 0 0 2 4 0 1 3 0 7 5 4 5 2

Articulo	Cantidad	Precio C\$	Precio en \$	Importe C\$	Monto en \$
ALAMBRE DE PUA 13 X 350 VAR STD - EA					
101103480	1	2,436.42	66.53	2,436.42	66.53
NUMEROS-HTS:7313000000000					
&GRAPAS GALVANIZADA 1 1/4" P/CERCAS - LB					
100398950	1	40.89	1.12	40.89	1.12
NUMEROS-HTS:					
CADENA DE ACERO GALVANIZADABEST VALUE:21PIES:1/2"					
100804233	1	299.00	8.17	299.00	8.17
NUMEROS-HTS:7315820000000					
CANDADO BRONCE YALE:50MM - EA					
100998429	1	377.72	10.32	377.72	10.32
NUMEROS-HTS:8301100000000					
BISAGRA CUADRADA 2 PZAS YALE:4"X4":SATIN NIQUEL - EA					
100881520	1	168.19	4.60	168.19	4.60
NUMEROS-HTS:8302101000000					
CLAVO CORRIENTE:1":PARA MADERA - LB					
100839241	1	53.00	1.45	53.00	1.45
NUMEROS-HTS:7317000000100					
REGLA DE DE PINO 19 X 41 X 3,200 (1 X 2 X 3.2) SECA Y CEPILLADA					
130343298	1	149.00	4.07	149.00	4.07
NUMEROS-HTS:4407110000000					
				Subtotal C\$	3,524.22

Fuente: SINSA

Figura 28

Cotización de material geo sintético

Nm. 3 1/2 Camatera Sur, Desvío a Batohole 300m al Sur,
 Aptdo. 2964 • PO Box 2266 1551, Est. 134 • Fax 2266 2324, 2266 2013
 RUC J071000002192



COTIZACION

Cliente: RUTH SALINAS	Cod. Cliente: 202830
Atención:	Fecha: 13 de agosto de 2024
Proyecto:	
No. Cotiz: AV-INFRA-2162	Tipo/Cambio: 36.6243

CANTIDAD	COD	DESCRIPCION	P. UNITARIO	SUB-TOTAL
4447.45	009602	GEOMEMBRAÑA HDPE 60 ML, Ancho= 7.01 ml	245.58	1104664.77
Última Línea			Sub Total	109,884.7
			15% I.V.A.	16,482.72
			Total C\$	126,347.49

CONDICIONES:

Tiempo de Entrega: De acuerdo a existencias.
 Lugar de Entrega: Sus Bodegas.
 Forma de pago: Contado (Mínimo por depósito y/o Transferencia Electrónica previa confirmación).
 Vigencia de la oferta: 7 días hábiles.
 Observación: **No hay atención cliente presente para facturación, todo el proceso es en línea.**

CUENTAS BANCARIAS:

	CORDOBAS	DOLARES
SAC:	14910376-8	15410758-0
BANCENTRO	106072394	

**SOMOS EXENTOS DEL 2% DEL IR Y DEL 1% DEL IIR
 ELABORAR CHEQUE A NOMBRE DE: MEXICHEM NICARAGUA S.A.**

IMPORTANTE:

El valor estimado para la presente oferta podrá ser susceptible de revisión y reajuste, de conformidad con la fluctuación que se está presentando sobre el precio de las materias primas.

Por lo que la presente oferta tiene una vigencia hasta el día 21 del mes de Agosto del año 2024, fecha en la que se realizará una actualización de los precios se dará en función de cada pedido u orden de compra.

En el evento de suscribir un Contrato sobre los ítems anteriormente relacionados, el Contrato deberá de mantener una cláusula de ajuste y revisión de los precios de la cual se dará en función de cada pedido u orden de compra.

Con la aceptación de la presente Oferta/Cotización, o emisión de pedido a Mexichem Nicaragua, S.A., el Cliente declara que ha leído y que correctamente acepta los Términos y Condiciones Generales de Venta que se encuentran en el link:

<https://www.wavin.com/nicaragua/terminos-y-condiciones-de-venta>

Ing. Arturo Valderrama
 ATC INFRAESTRUCTURA Nicaragua
 Móvil: (505) 88566907
arturo.valderrama@wavin.com

Fuente: AMANCO

6.5. Anexo 5. Galería de fotos

6.5.1. Reconocimiento



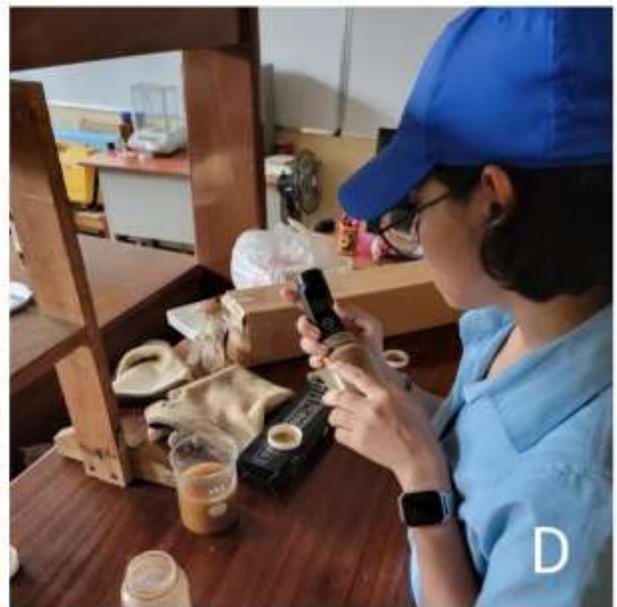
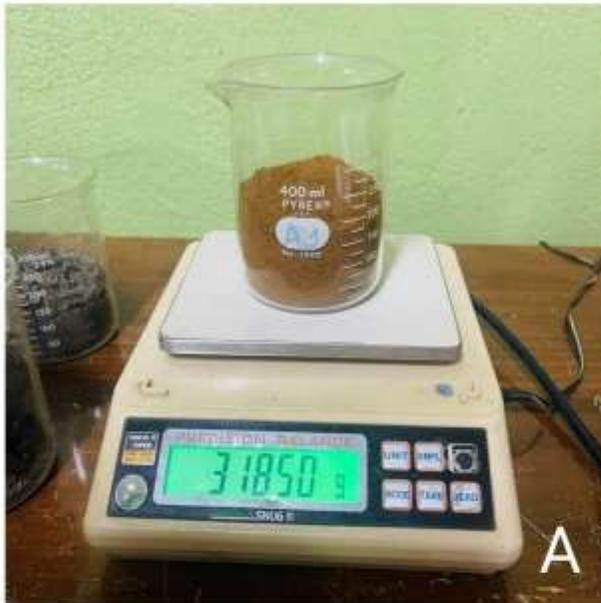
Nota: A: Área de captación, B: Zona de recarga, C: Áreas vulnerables, D: Visita técnica

6.5.2. Pruebas de infiltración



Nota: A: Prueba de infiltración ensayo “El Venado”, B: Prueba de infiltración ensayo “Los Limones”, C: Prueba de infiltración “La Cantera”. D: Toma de lectura en prueba de infiltración “La Pileta”

6.5.3. Pruebas de laboratorio



Nota: A: Peso de las muestras para prueba de densidad aparente, B: Picnómetros en prueba de textura, C: Ingreso de las muestras al horno D: Toma de lectura en prueba de pH