

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño del sistema de captación, desarenador y distribución de agua
para el centro turístico “La cascada de amor” en San Miguel de los
Bancos**

Julián Mateo Montenegro Vásquez

Ingeniería Civil

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 15 de mayo de 2024

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**HOJA DE CALIFICACION
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Diseño del sistema de captación, desarenador y distribución de agua
para el centro turístico “La cascada de amor” en San Miguel de los
Bancos**

Julián Mateo Montenegro Vásquez

Sixto Durán-Ballén Ochoa, PhD

Quito, 15 de mayo de 2024

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombre y apellidos: Julián Mateo Montenegro Vásquez

Código: 00211968

Cédula de identidad: 1724061302

Lugar y fecha: Quito, 15 de mayo de 2024

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around these publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The Following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publications Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best for issues around these publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

RESUMEN

En el presente documento se presenta el diseño de un sistema de agua para una nueva atracción turística en "La Cascada del Amor" en San Miguel de los Bancos, Ecuador. El estudio comienza con un análisis de la demanda diaria de agua, estimada en 0.123 L/s, seguido de una evaluación hidrológica que indica una oferta hídrica de 1.166 L/s en el punto de captación, concluyendo que no es necesario un reservorio. La fase de diseño incluye el cálculo y dimensionamiento tanto de la captación como del desarenador para trabajar con el tanque existente, asegurando una captura de agua suficiente para una posible futura expansión del sitio turístico. Un diseño preliminar del sistema de distribución confirma que el sistema opera eficientemente por gravedad, manteniendo la presión y la velocidad adecuadas dentro de los rangos recomendados. Un presupuesto preliminar de alto nivel estima el costo del proyecto en aproximadamente \$13,857.16.

ABSTRACT

In this document, the design of a water system for a new tourist attraction at "La Cascada del Amor" in San Miguel de los Bancos, Ecuador is presented. The study begins with an analysis of the daily water demand, estimated at 0.123 L/s, followed by a hydrological assessment which indicates a water supply of 1.166 L/s at the intake point, concluding that a reservoir is unnecessary. The design phase includes the calculation and sizing of both the intake structure and the desander to work with the existing tank, ensuring sufficient water collection for potential future expansion of the tourist site. A preliminary distribution system design confirms that the system operates efficiently pressurized by gravity, maintaining appropriate pressure and velocity within the recommended range. An initial high-level budget estimates the project cost at approximately \$13,857.16.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	13
1.1	Antecedentes	13
1.2	Justificación	13
1.3	Objetivos	14
1.4	Metodología	14
1.5	Descripción del Proyecto	16
1.6	Ubicación	19
2	DEMANDA HIDRICA.....	21
2.1	Consumo diario.....	21
2.2	Consumo máximo	22
3	OFERTA HIDRICA.....	24
3.1	Estudio hidrológico.....	24
3.2	Área de Drenaje	24
3.3	Precipitaciones Promedio Mensuales	26
3.4	Coefficiente de Escorrentía	29
3.5	Estimación de Escorrentía.....	31
3.6	Volumen del Reservorio	32
4	DISEÑOS	35
4.1	Diseño de Captación y Desarenador	35
4.2	Parámetros del sistema distribución	41
4.3	Presupuesto preliminar	44
4.4	Tratamiento del agua	45
5	CONCLUSIONES	46
6	RECOMENDACIONES	47
7	ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estructura de baños, lavabos y duchas	16
Ilustración 2: Presencia de arena en los lavabos.....	17
Ilustración 3: Sistema de Vermifiltros.....	17
Ilustración 4: Ubicación Proyecto y Cascada del Amor.....	19
Ilustración 5: Punto de captación.....	20
Ilustración 6: Curvas de nivel mediante Global Mapper.....	25
Ilustración 7: Delimitación del Área de Drenaje.....	25
Ilustración 8: Propiedades del área de la cuenca	26
Ilustración 9: Ubicación estaciones INAMHI	27
Ilustración 10: Tanque existente.....	34
Ilustración 11: Variables correspondientes a vertederos	37
Ilustración 12: Esquema Captación, desarenador y muro de embalse	41
Ilustración 13: Distancia ramal principal.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo de Gestión.....	18
Figura 2: Valores de coeficientes de esorrentía según Gribbin	30

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfico 1: Precipitación mínima mensual M1266.....	28
Gráfico 2: Precipitación mínima mensual M1190.....	28
Gráfico 3: Precipitación Mínima Mensual	29
Gráfico 4: Caudal promedio mensual ofertado.....	32
Gráfico 5: Curva de duración	33
Gráfico 6: Hidrograma de Escorrentía.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Calculo consumo diario.....	21
Tabla 2: Caudales diferentes periodos de tiempo.....	23
Tabla 3: k1 y k2 según López (2004).....	23
Tabla 4: Precipitación mínima mensual M1266.....	27
Tabla 5: Precipitación mínima mensual M1190.....	28
Tabla 6: Precipitación Mínima Mensual	29
Tabla 7: Caudal promedio mensual ofertado.....	32
Tabla 8: Evaluación de factibilidad de la fuente hídrica	33
Tabla 9: Formulas para el cálculo de perdidas por fricción	42
Tabla 10: Valores típicos de rugosidad	42

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Ecuación método racional	31
Ecuación 2: Ecuación de Bernoulli	35
Ecuación 3: Perdidas por fricción.....	36
Ecuación 4: Número de Reynolds	36
Ecuación 5: Relación rugosidad y diámetro de tubería	36
Ecuación 6: Calculo caudal en vertederos	37
Ecuación 7: Velocidad de sedimentación según Hazen y Stokes.....	38
Ecuación 8: Ecuación de Manning	39

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En los últimos años, la importancia del turismo sostenible como motor de desarrollo económico y social ha ganado reconocimiento a nivel global. En este contexto, el cantón San Miguel de los Bancos, ubicado en la provincia de Pichincha en Ecuador, emerge como un enclave de potencial turístico significativo debido a su riqueza natural y biodiversidad. Dentro de este cantón, se destaca el área circundante a "La Cascada del Amor", un sitio de belleza natural excepcional que atrae a visitantes por su paisaje y oferta de recreación al aire libre. Recientemente, se han realizado esfuerzos por parte del gobierno local y la comunidad para desarrollar infraestructura turística, como baños, lavabos, y duchas, para mejorar la experiencia de los visitantes. Sin embargo, estas mejoras han enfrentado desafíos, particularmente en lo que respecta a la provisión de agua potable y el manejo de aguas residuales, aspectos cruciales para la sostenibilidad del área y la salud pública.

1.2 Justificación

El proyecto surge como una respuesta a la necesidad crítica de desarrollar un sistema de captación, transporte y tratamiento de agua que no solo asegure el abastecimiento de agua para los visitantes y futuras instalaciones turísticas, sino que también contribuya a la conservación del entorno natural de San Miguel de los Bancos. Actualmente, la presencia de agua con contenido de arena y tierra, extraída de una vertiente distante, ha planteado desafíos significativos para la infraestructura sanitaria existente, afectando la eficiencia del sistema de vermifiltros y comprometiendo la calidad del agua. Este proyecto no solo abordará estos problemas prácticos, sino que también

sentará las bases para un desarrollo turístico responsable y sostenible, alineado con los objetivos de conservación ambiental y promoción de la salud pública.

1.3 Objetivos

Objetivo General:

Diseñar un sistema integral de captación, desarenador, y distribución de agua en el área de "La Cascada del Amor" que asegure el abastecimiento de agua, contribuyendo al desarrollo sostenible del turismo en San Miguel de los Bancos.

Objetivos Específicos:

1. Estimar la demanda de agua futura en función del desarrollo turístico planificado y las instalaciones existentes.
2. Evaluar la oferta de agua en el punto de captación para determinar la viabilidad del proyecto y la necesidad de un reservorio.
3. Diseñar un sistema de captación y desarenador que trabaje en conjunto con el sistema actual.
4. Definir parámetros del sistema de distribución de agua y evaluar la necesidad de un sistema de bombeo
5. Realizar un presupuesto preliminar de alto nivel del sistema de captación, desarenador y distribución.

1.4 Metodología

La investigación se desarrollará mediante un enfoque metodológico mixto, combinando análisis cuantitativos con el uso de herramientas geoespaciales, para realizar

una evaluación exhaustiva del diseño de un sistema de captación y distribución de agua adecuado para el centro turístico cerca de "La Cascada del Amor". La metodología se estructura de la siguiente manera:

Fase 1: Recolección de Datos Preliminares

Se inició con la recolección de información proporcionada por el concejal de San Miguel de los Bancos y otros actores locales relevantes. Esta fase buscó comprender el contexto local, las infraestructuras existentes, las proyecciones de crecimiento turístico, y las necesidades de servicios basadas en la afluencia esperada de visitantes.

Fase 2: Estimación de la Demanda de Agua

La demanda de agua se estimó considerando la capacidad de alojamiento proyectada, el número esperado de visitantes, y los servicios que requieren uso de agua, tales como baños, cocinas, y áreas de lavado.

Fase 3: Análisis de Oferta de Agua y Uso de Herramientas Geoespaciales

Para evaluar la oferta de agua disponible, se realizó un análisis de la cuenca en la que se ubica la captación. Además, se utilizaron herramientas geoespaciales como Google Earth para examinar las características de la cuenca, incluyendo las elevaciones del terreno y otras variables relevantes que influyen en la disponibilidad de agua. Este análisis geoespacial es fundamental para entender la dinámica hídrica de la zona y asegurar una captación sostenible del recurso.

Fase 4: Cálculos Hidráulicos y Diseño de la Captación

Con base en el balance entre demanda y oferta, se procedió a realizar los cálculos hidráulicos necesarios para el diseño óptimo del sistema de captación, considerando la eficiencia y el mínimo impacto ambiental.

Fase 5: Evaluación de la Necesidad de un Reservorio

Si la demanda proyectada supera la oferta de agua en ciertos períodos, se considerará la construcción de un reservorio, evaluando su capacidad requerida, ubicación óptima, y las implicaciones económicas y ambientales.

1.5 Descripción del Proyecto

"La Cascada del Amor" se perfila como una ubicación prometedora para el desarrollo de un nuevo atractivo turístico en el cantón de San Miguel de los Bancos. Actualmente en construcción, este sitio ya ofrece servicios básicos como baños, lavabos y duchas como se puede ver en la ilustración 1.



Ilustración 1: Estructura de baños, lavabos y duchas

Sin embargo, estos servicios utilizan agua no potable y se ha observado la presencia de tierra o arena fina en el agua suministrada, como se observa en la ilustración 2, lo que representa un desafío significativo para la infraestructura existente. En enero de 2024, se implementó un sistema de vermifiltros que se puede presenciar en la ilustración 3, para tratar las aguas residuales generadas por los baños. Sin embargo, el problema de

la contaminación por tierra y arena persiste, afectando tanto a los sanitarios como al sistema de drenaje.

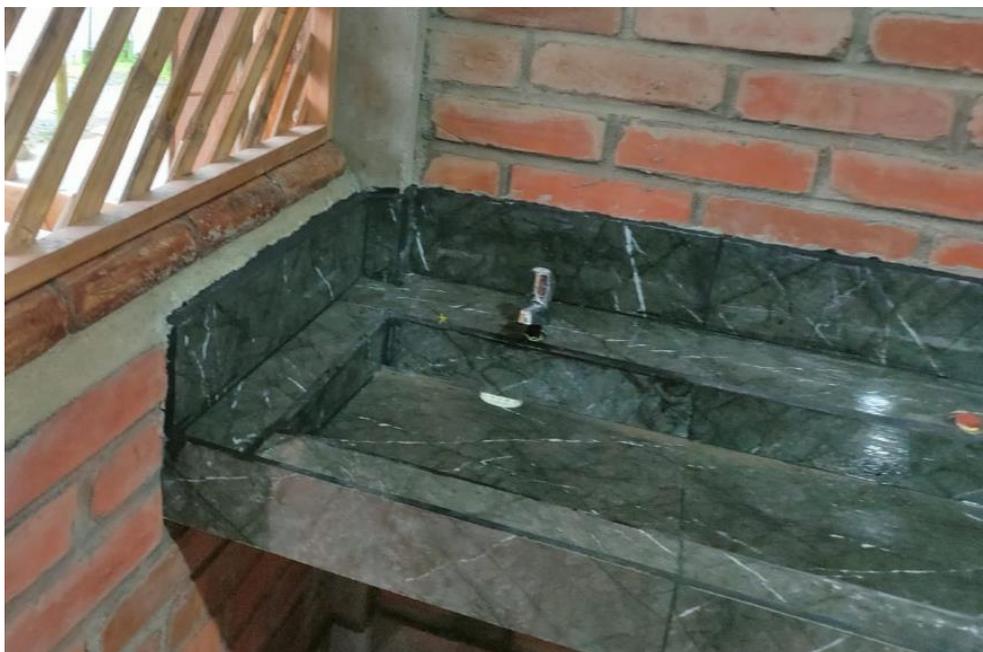


Ilustración 2: Presencia de arena en los lavabos



Ilustración 3: Sistema de Vermifiltros

Ante esta situación, la administración municipal en funciones estableció la Asociación de Servicios Turísticos "Cascada del Amor", con el objetivo de desarrollar un modelo de gestión integral, figura 1, que abarca tres pilares fundamentales: la gestión ambiental, la gestión del atractivo y la gestión social externa. La gestión ambiental se

centra en el tratamiento de aguas residuales, la provisión de agua potable y la gestión de residuos sólidos. Esto constituye la base para el segundo pilar, la gestión del atractivo, que incluye el desarrollo de la infraestructura turística, la oferta de productos turísticos y las estrategias de marketing turístico. Y el tercer pilar, la gestión social externa, promueve la vinculación con la comunidad rural y el establecimiento de convenios. (Kleber Armijos, 2024)

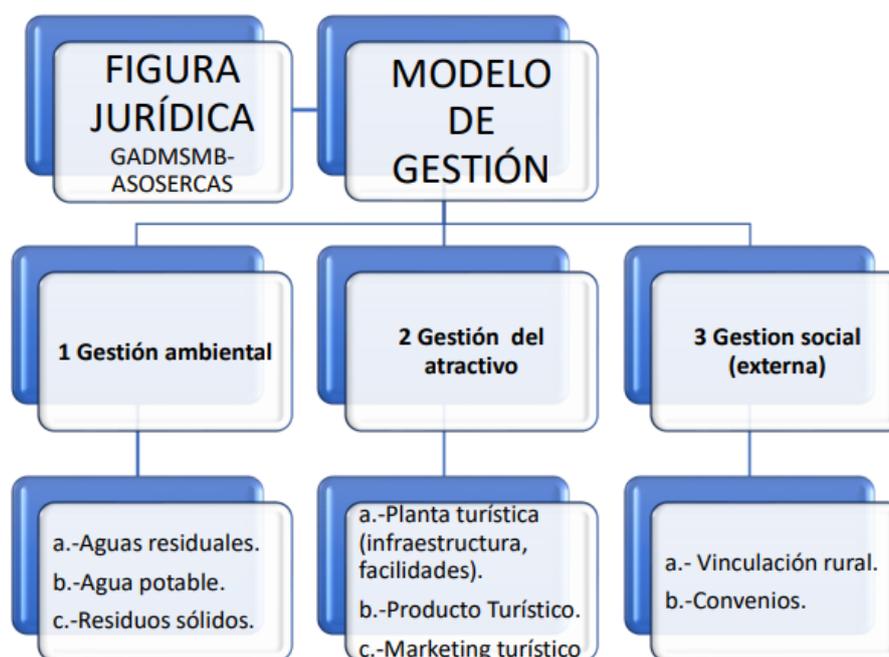


Figura 1: Modelo de Gestión

En este contexto, la disponibilidad de agua potable emerge como un requisito indispensable para la realización plena del potencial turístico de "La Cascada del Amor". Mientras que la implementación del sistema de vermifiltros ha comenzado a abordar el manejo de las aguas residuales, y la provisión de agua sigue siendo un desafío pendiente. Esta tesis se propone diseñar un sistema de captación y distribución de agua que garantice el suministro de agua en el área, completando así el componente crucial de la gestión ambiental necesaria para el éxito y sostenibilidad del proyecto turístico.

1.6 Ubicación

El proyecto se localiza en la zona rural del cantón San Miguel de los Bancos, en las coordenadas $0^{\circ} 00' 40.80''$ N y $78^{\circ} 53' 49.68''$ O. La altura a la que se sitúa el proyecto es de 825 metros sobre el nivel del mar.

San Miguel de los Bancos, ubicado al noroeste de Quito, se distingue por su clima húmedo y lluvioso, con lluvias a lo largo del año, aunque estas disminuyen en los meses de verano. (Alcaldía de San Miguel de los Bancos - San Miguel de los Bancos, s. f.) El área se caracteriza por una vegetación de selva densa y una topografía notablemente irregular. Las tierras alrededor del lugar del proyecto están en su mayoría sin explotar, excepto por una zona dedicada a glamping. Además, al otro lado del río Blanco se encuentra la zona urbana del cantón. La ubicación del proyecto se puede ver en la ilustración 4.

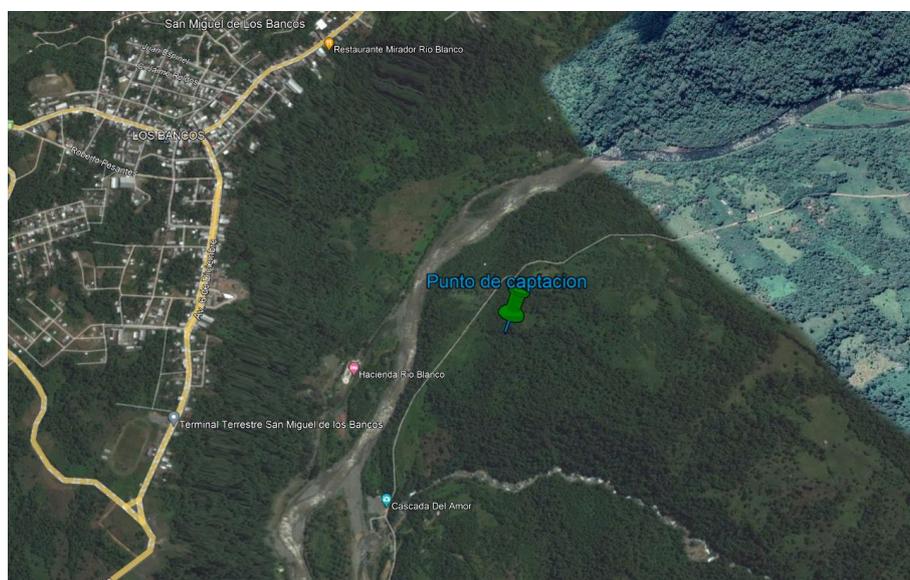


Ilustración 4: Ubicación Proyecto y Cascada del Amor

El lugar del proyecto se caracteriza por la presencia de una cascada, que ya sirve de fuente de agua, como se ilustra en la ilustración 5. Con el cambio de estaciones, esta fuente natural aumenta su caudal en la temporada invernal y se reduce durante el verano. El objetivo del proyecto es optimizar el uso de este recurso hídrico mediante su captación,

la implementación de un sistema de desarenador y su almacenamiento en invierno, para asegurar su disponibilidad en los meses de verano, cuando la precipitación disminuye.



Ilustración 5: Punto de captación

2 DEMANDA HIDRICA

2.1 Consumo diario

Para garantizar un suministro adecuado de agua al complejo turístico "La Cascada del Amor", es crucial realizar una estimación precisa de la demanda diaria de agua. Esta estimación se basa en el análisis de los componentes individuales del proyecto, tomando como referencia el método propuesto por Pérez Carmona en su obra "Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones". (Perez Carmona, 2010)

Los datos referentes al número de aparatos e instalaciones sanitarias, tales como baños, duchas, lavabos, urinarios, cocinas, y otros elementos relevantes para el cálculo del consumo de agua, fueron proporcionados directamente por el concejal del GAD (Gobierno Autónomo Descentralizado) Municipal de San Miguel de los Bancos. Esta información es esencial para realizar una estimación precisa de la demanda de agua del proyecto, permitiendo así un análisis detallado y ajustado a las necesidades reales del complejo turístico. A continuación, se detalla el cálculo de la demanda de agua, considerando las instalaciones actuales ya construidas y por construir. (Los ítems con * están por construir)

Aparato e instalación sanitaria	Número de unidades	Consumo diario		TOTAL	
				L/día	m3/día
Baterías Sanitarias (Baños)	9	200	L/baño/día	1800	1.8
Duchas	2	750	L/ducha/día	1500	1.5
Lavabos de manos	7	150	L/lavabo/día	1050	1.05
Urinarios	3	50	L/urinario/día	150	0.15
Cocinas con Lavaplatos y Lavamanos*	15	250	L/cocina/día	3750	3.75
Negocios con Lavabos de manos*	5	100	L/negocio/día	500	0.5
Lavamanos generales del complejo*	4	200	L/lavamanos/día	800	0.8
Mecanismo de filtrado*	2	300	L/mecanismo/día	600	0.6
TOTAL				10150	10.15

Tabla 1: Calculo consumo diario

Los consumos diarios de cada aparato e instalación sanitaria se obtienen del libro "Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones". (Perez Carmona, 2010)

El consumo diario por aparato o instalación sanitaria viene de una estimación del número de personas a utilizarlo, su regularidad y el volumen por uso, anexo 1. Con base en las estimaciones detalladas y los datos proporcionados por el concejal del GAD Municipal de San Miguel de los Bancos, el consumo total diario de agua potable para el complejo turístico "La Cascada del Amor" se calcula en 10,150 litros por día. Esto equivale a 10.15 metros cúbicos por día. Este cálculo proporciona una base sólida para el diseño e implementación de un sistema de captación y almacenamiento de agua, asegurando que se satisfagan las necesidades de agua del proyecto de manera eficiente y sostenible, tanto para las operaciones actuales como para las expansiones futuras.

El cálculo del consumo de agua necesario para el diseño de los sistemas de captación, almacenamiento y distribución toma en cuenta el total combinado de los ocho tipos de instalaciones y dispositivos mencionados por el concejal del cantón, como se puede observar el mecanismo de filtrado se estima a tener dos en funcionamiento para la potabilización constante de agua. El caudal medio estimado, Q_{prom} , se establece en 10.15 metros cúbicos por día. Basándonos en esta cifra, es posible incluir un margen para compensar las pérdidas tanto en el tratamiento como en la distribución, que, de acuerdo con López (2004), deberían situarse entre el 10% y el 15% de pérdidas para ciudades. Para este proyecto específico, se ha decidido considerar un 5% de pérdidas debido a la magnitud del proyecto. Teniendo en cuenta las pérdidas, nuestro consumo quedaría en 10.658 m³ por día.

2.2 Consumo Máximo

Con lo cual se procedió al cálculo del caudal máximo diario, Tabla 2, para el cual se utiliza un factor k_1 de 1.4 como mayoración máxima diaria donde como resultado $Q_{max.dia}$ de 0.173 litros por segundo, el cual significa una mayoración para el periodo en el que se analiza. El factor de mayoración k_1 se utiliza para ajustar el caudal promedio

diario y obtener el caudal máximo diario, considerando las variaciones en la demanda y asegurando que el diseño del sistema de captación pueda manejar los picos de consumo.

El factor utilizado se determinó mediante la tabla 3.

Consumo Total L/día	Q_prom_dia (L/s)
10657.5	0.123
k1	Q_max.dia (L/s)
1.4	0.173

Tabla 2: Caudales diferentes periodos de tiempo

Población (hab)	k1
Pob < 5000	1.4
5000 < Pob < 25000	1.6
25000 < Pob	1.8

Tabla 3: k1 según López (2004)

La realización de cálculos precisos para los distintos caudales a lo largo de varios períodos es esencial para el diseño adecuado de los sistemas de captación, almacenamiento y distribución de agua en cualquier proyecto. Estos cálculos no solo son fundamentales para satisfacer las demandas actuales y futuras, sino que también permiten una gestión eficiente y sostenible del recurso hídrico. Al determinar el caudal promedio diario y considerar las pérdidas óptimas, así como al estimar los caudales máximos diarios y horarios, podemos adaptar el sistema a fluctuaciones en la demanda y a variaciones estacionales en la disponibilidad de agua.

En conclusión, el cuidadoso cálculo de los caudales refleja un compromiso con el servicio de calidad para los visitantes del complejo, la preservación del entorno natural de "La Cascada del Amor", y el bienestar de la comunidad local. Este enfoque integral fortalece la viabilidad a largo plazo del proyecto turístico y dependiendo el análisis frente a la oferta hídrica determinara la necesidad de una infraestructura de reservorio adecuada para abastecer el consumo de agua.

3 OFERTA HIDRICA

3.1 Estudio hidrológico

Tras completar el análisis de la demanda hídrica para el complejo turístico, el siguiente paso crucial en el estudio es la evaluación de la oferta hídrica disponible. Esta fase comienza con la realización de un estudio hidrológico detallado, cuyo objetivo es estimar la escurrimiento en la región que alimenta al punto de captación propuesto. La determinación precisa de este punto es fundamental, ya que permite definir el área específica de la cuenca de interés del proyecto. Utilizando un coeficiente de escurrimiento adecuado, junto con los datos de precipitación proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) de Ecuador, podremos calcular la cantidad de agua disponible en el punto de captación. Este análisis no solo es esencial para asegurar que contamos con una fuente de agua suficiente para satisfacer la demanda proyectada, sino que también es vital para la planificación sostenible y el diseño eficiente de un sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua, garantizando así el éxito a largo plazo del complejo turístico y su armonía con el entorno natural.

3.2 Área de Drenaje

Obtenemos mediante Google Earth Pro® la ubicación exacta del punto de captación, Ilustración 4, y con la ayuda de Global Mapper obtenemos curvas de nivel, ilustración 6.

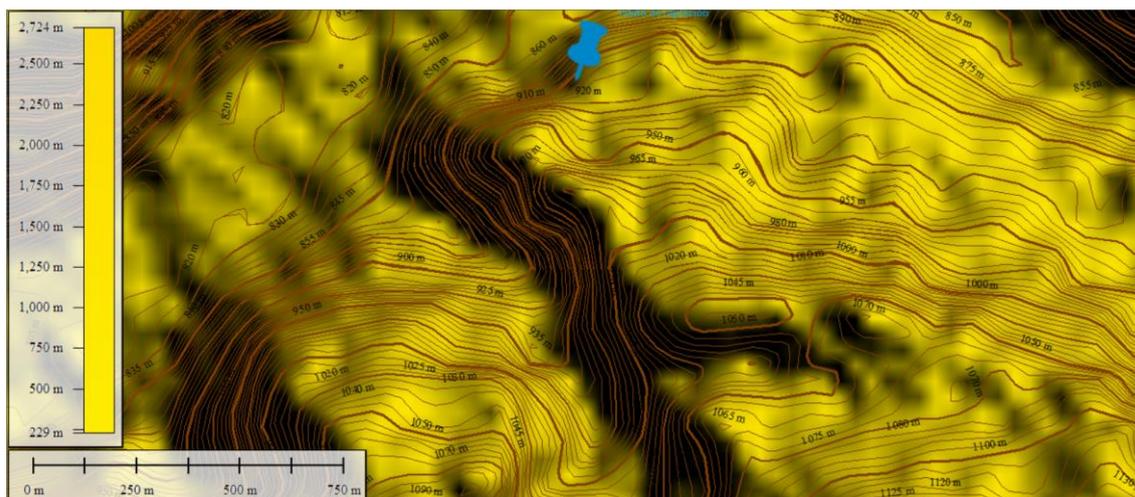


Ilustración 6: Curvas de nivel mediante Global Mapper

Tras establecer las curvas de nivel, procedemos a delimitar la zona que aportará agua a nuestra fuente superficial mediante el escurrimiento de las precipitaciones. La zona delimitada se muestra en la ilustración 7.

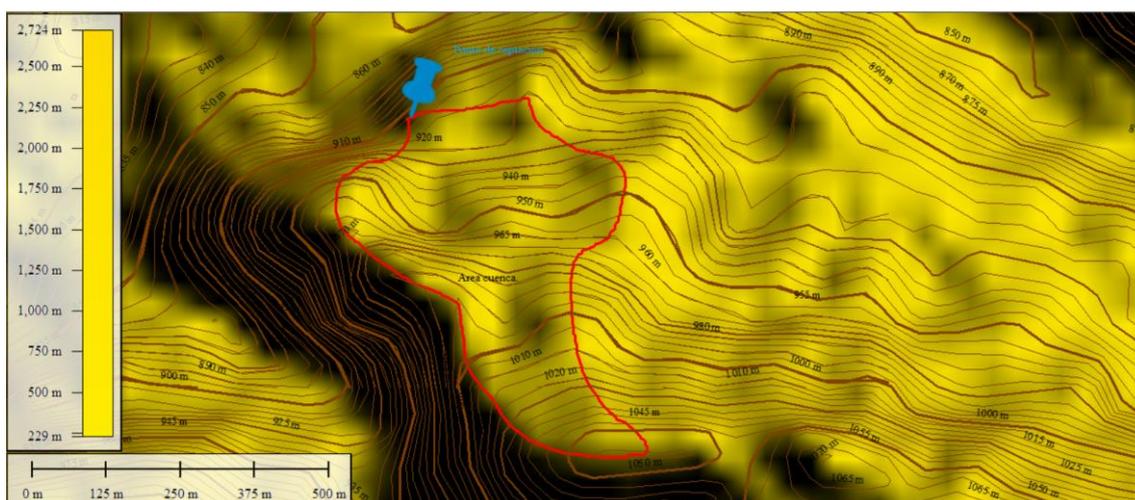


Ilustración 7: Delimitación del Área de Drenaje

El área de la cuenca obtenida mediante Global Mapper nos da un total de 0.166 kilómetros cuadrados, como se observa en la ilustración 8, con las demás propiedades de la zona.

Modify Feature Info

Name: Vertices...

Feature Type: Create New Type...

Feature Layer (* Required):

Feature Description: Use Custom Description:

Feature Style: Use Default Style for Selected Feature Type Specify Style to Use When Rendering Feature Customize Style...

Feature Attributes:

Attribute Name	Attribute Value
PERIMETER	2.004 km
ENCLOSED_AREA	0.166 sq km

Add... Edit... Delete Add File Link(s)... Add Time Stamp

Add/Edit Notation...

Altitude Mode: Extrusion Mode:

Apply Settings from Selected Feature Apply Settings from Previous Feature

Edit Fly-Through Path...

Automatically apply these settings to new features of the same type

OK Cancel

Ilustración 8: Propiedades del área de la cuenca

3.3 Precipitaciones Promedio Mensuales

Para determinar la intensidad de las precipitaciones en la región, es fundamental contar con datos históricos. Estos registros se adquieren a través del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). Para este estudio, hemos utilizado los datos de la estación M1266, situada en el cantón Celica y la estación M1190, situada en San Bernabé a 25.29 y 22.20 kilómetros respectivamente de la ubicación del proyecto. Esta información es crucial para evaluar la cantidad de agua que puede ser captada y gestionada eficazmente en nuestro sistema de captación. La ubicación de ambas estaciones se las muestra en la figura 9.

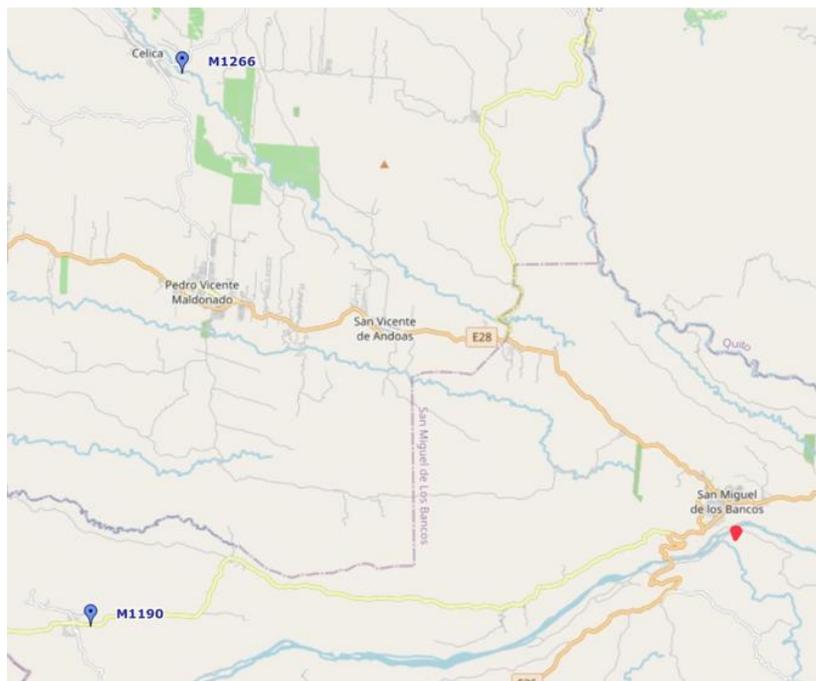


Ilustración 9: Ubicación estaciones INAMHI

Utilizando los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), se analizaron las precipitaciones promedio mensuales para los años 2014 a 2016. Para el diseño de nuestro sistema de captación y con el objetivo de minimizar el riesgo durante períodos de sequía, se optó por utilizar la precipitación mínima mensual registrada en ambas estaciones. Los valores obtenidos para cada estación se presentan detalladamente en la Tabla 4 y la Tabla 5. Además, para una visualización más clara de estos datos, se elaboraron los Gráficos 1 y 2, que muestran las tendencias y variaciones de las precipitaciones durante el periodo mencionado.

PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (2014-2016) EST: M1266												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	711.5	870.35	1029.2	1120.9	556.8	368.2	137.4	115.7	78.5	257.6	135.8	327.9

Tabla 4: Precipitación mínima mensual M1266

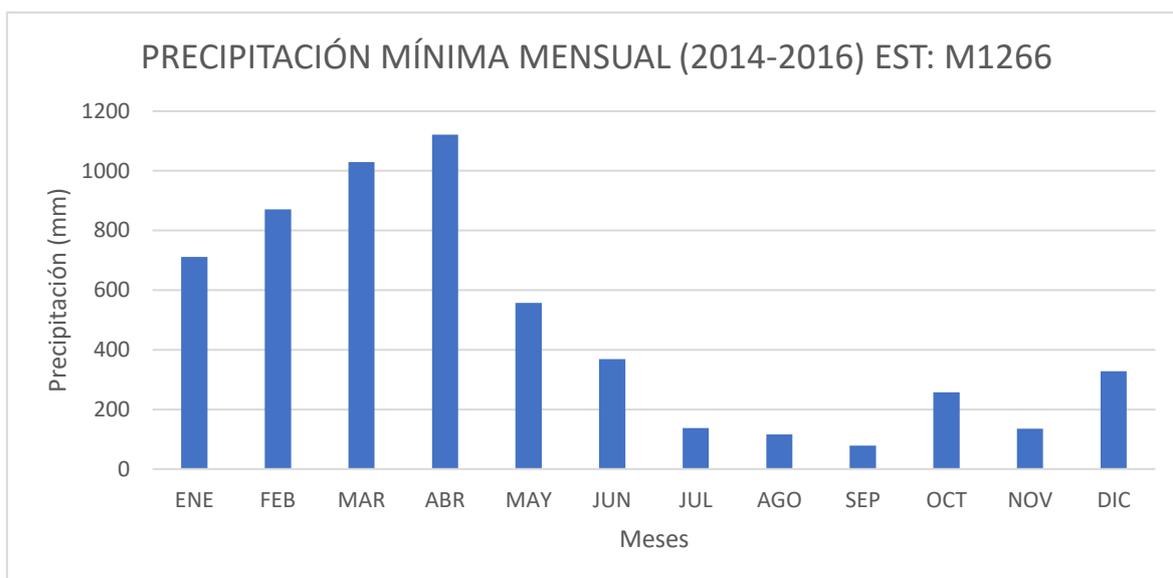


Gráfico 1: Precipitación mínima mensual M1266

PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL (2014-2016) EST: M1190												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	299.1	696	380.7	533.2	292.9	125.6	28.1	26.7	21.5	68.5	56.2	115.7

Tabla 5: Precipitación mínima mensual M1190

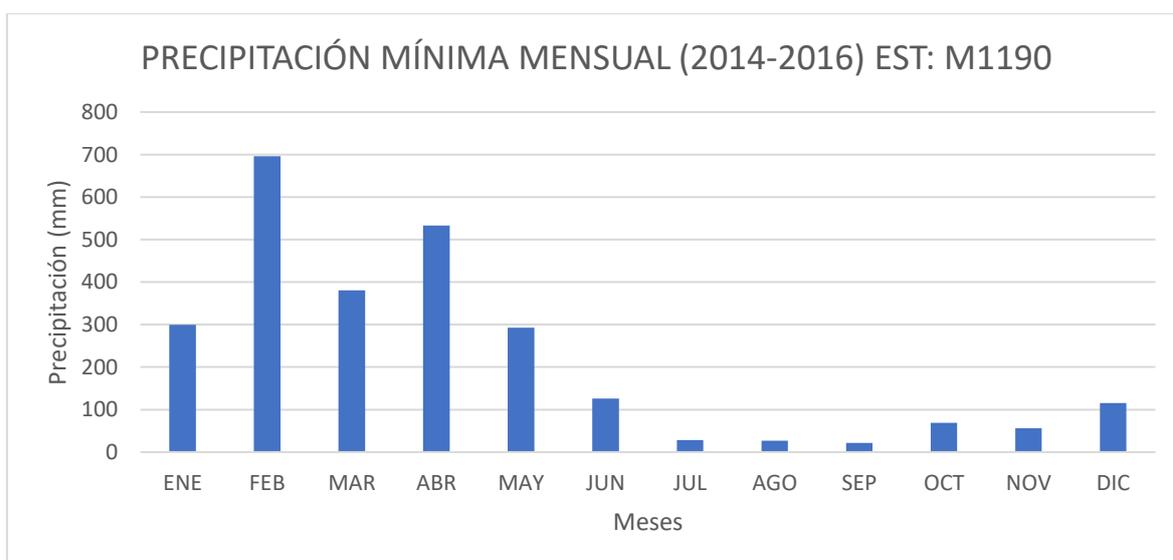


Gráfico 2: Precipitación mínima mensual M1190

Para obtener una estimación precisa de las precipitaciones en nuestra zona de interés, calcularemos el promedio de los datos provenientes de las dos estaciones meteorológicas más cercanas al proyecto. Esto mejora la fiabilidad de nuestra planificación hidrológica al reflejar mejor las condiciones climáticas locales. Los datos

resultantes se presentan en la tabla 6 y gráfico 3, los cuales fueron utilizados para el análisis de la oferta hídrica.

PRECIPITACIÓN MÍNIMA MENSUAL ESTIMADA												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Precipitación (mm)	505.3	783.18	704.95	827.05	424.85	246.9	82.75	71.2	50	163.05	96	221.8

Tabla 6: Precipitación Mínima Mensual

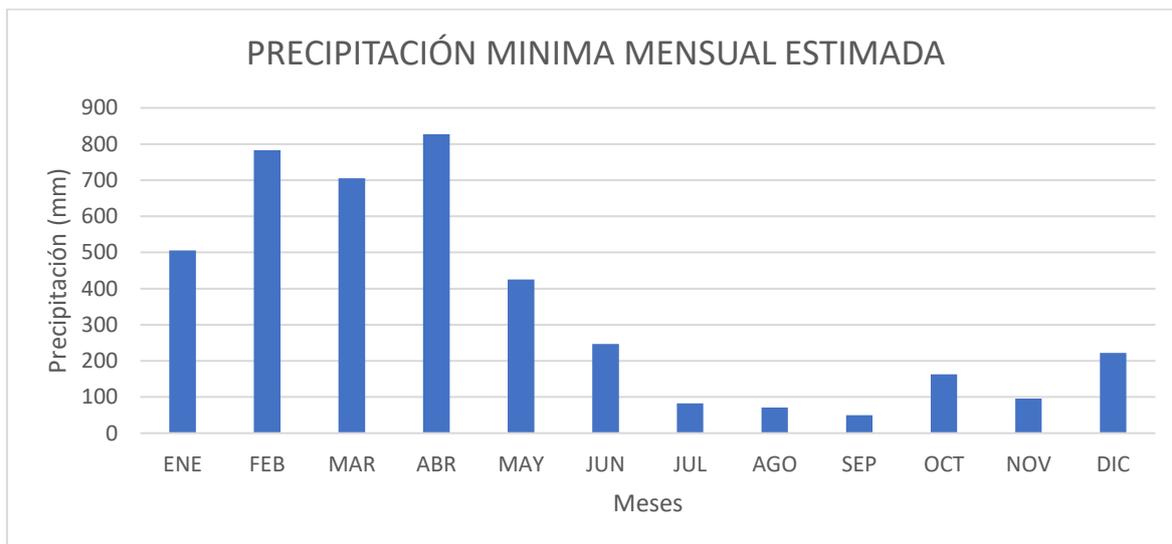


Gráfico 3: Precipitación Mínima Mensual

Con los datos de precipitación promedio mensual ajustados y validados a partir de las dos estaciones cercanas, hemos establecido una base sólida y confiable para el próximo paso de nuestro estudio, el análisis del coeficiente de escorrentía.

3.4 Coeficiente de Escorrentía

El coeficiente de escorrentía es un parámetro esencial para determinar el volumen de agua que resulta de la precipitación en una zona específica. Este coeficiente varía según el tipo de superficie y sus características inherentes, permitiéndonos entender cómo diversas superficies dentro de la cuenca afectan la cantidad de agua que se transforma en flujo superficial. La figura 2 que presentamos a continuación resume los coeficientes de escorrentía para una diversidad de superficies, desde pavimentos hasta áreas verdes. Adicionalmente con la ayuda de las curvas de nivel de la ilustración 7, obtenemos la pendiente de la cuenca:

$$S_o = \frac{\Delta h}{\Delta L} = \frac{1050 - 920}{625} = 21\%$$

C-1
Values of *c*, Runoff Coefficient

Character of Surface	Runoff Coefficients
Pavement	
Asphalt and concrete	0.70 to 0.95
Brick	0.70 to 0.85
Roofs	0.75 to 0.95
Lawns, sandy soil	
Flat (2 percent)	0.05 to 0.10
Average (2 to 7 percent)	0.10 to 0.15
Steep (> 7 percent)	0.15 to 0.20
Lawns, heavy soil	
Flat (2 percent)	0.13 to 0.17
Average (2 to 7 percent)	0.18 to 0.22
Steep (> 7 percent)	0.25 to 0.35
Composite <i>c</i> -values:	
Business	
Downtown	0.70 to 0.95
Neighborhood	0.50 to 0.70
Residential	
Single Family	0.30 to 0.50
Multi-units, detached	0.40 to 0.60
Multi-units, attached	0.60 to 0.75
Residential (suburban)	0.25 to 0.40
Apartment	0.50 to 0.70
Industrial	
Light	0.50 to 0.80
Heavy	0.60 to 0.90
Parks, cemeteries	0.10 to 0.25
Playgrounds	0.20 to 0.35
Railroad yards	0.20 to 0.35
Unimproved	0.10 to 0.30

Figura 2: Valores de coeficientes de escorrentía según Gribbin

Tras realizar una evaluación detallada del terreno en la zona de interés, incluyendo un análisis de la cobertura vegetal y la pendiente, hemos determinado que las características de la superficie se asemejan a las de céspedes en suelos pesados con una pendiente pronunciada (mayor al 7 por ciento). De acuerdo con la clasificación utilizada en nuestra tabla de coeficientes de escorrentía, esto sitúa el coeficiente entre 0.25 y 0.35. Para fines de este estudio y con el objetivo de establecer un diseño conservador que maneje eficientemente las fluctuaciones en la escorrentía durante eventos de lluvia intensa, hemos decidido adoptar un valor de 0.30 para el coeficiente de escorrentía.

3.5 Estimación de Escorrentía

A continuación, aplicaremos el método racional para la estimación de la escorrentía, Ecuación 1. Este enfoque calcula el caudal de escorrentía de una zona basándose en tres factores clave: el área de la cuenca, la precipitación y el coeficiente de escorrentía. Con estos datos ya disponibles, procederemos a realizar el cálculo del caudal mensual.

$$Q = c * i * A$$

Ecuación 1: Ecuación método racional

Donde,

c = Coeficiente de escorrentía

i = Precipitación promedio mensual

A = Área Cuenca

Para el caso del mes de enero, teniendo una precipitación de 505.3 milímetros al mes y el área de la cuenca de 0.166 kilómetros cuadrados, calculamos el caudal de ese mes en litros sobre segundos de la siguiente manera:

$$i_{ene} = \left(505.3 \frac{mm}{mes} * \frac{1mes}{31dias} * \frac{1dia}{24hr} \right) = 0.6792 \frac{mm}{hr}$$

$$A = \left(0.166km^2 * \frac{1000m}{1km} * \frac{1000m}{1km} \right) = 166000m^2$$

$$Q_{ene} = (0.3) * \left(0.6792 \frac{mm}{hr} \right) * (166000m^2) * \frac{1m}{1000mm} * \frac{1000L}{1m^3} * \frac{1hr}{3600s}$$

$$Q_{ene} = 9.3951 \frac{L}{s}$$

Los valores del caudal de los meses restantes del año se los puede observar en la tabla 7 y en el grafico 4.

Caudal promedio mensual ofertado en el punto de captacion												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q prom (L/s)	9.3951	14.562	13.107	15.377	7.8993	4.5907	1.5386	1.3238	0.9297	3.0316	1.7849	4.124

Tabla 7: Caudal promedio mensual ofertado

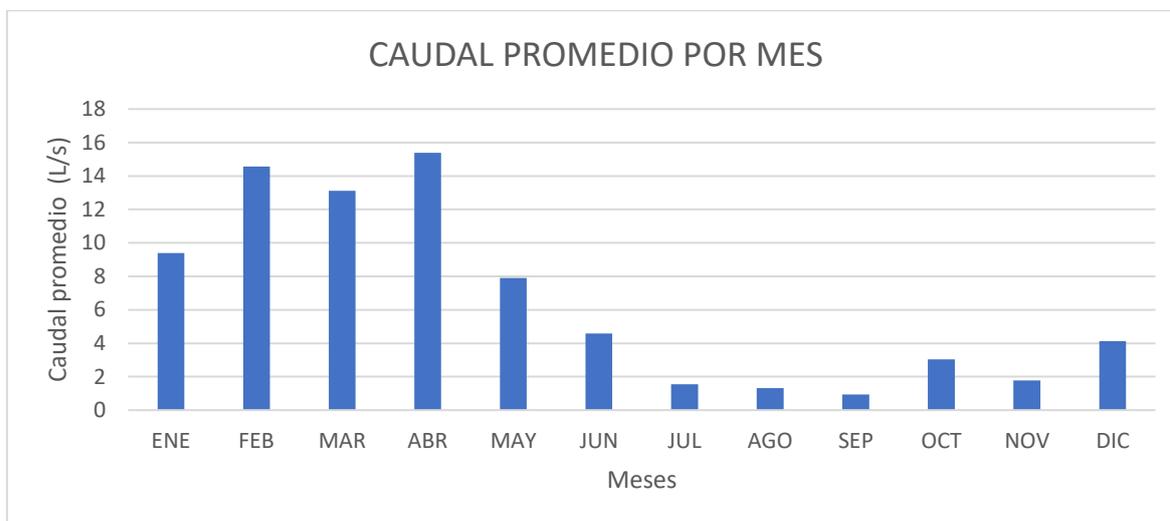


Gráfico 4: Caudal promedio mensual ofertado

Después de calcular el caudal promedio mensual, observamos que hay meses, específicamente de julio a noviembre, en los que tanto la precipitación como el caudal resultan considerablemente más bajos en comparación con otros periodos del año. Esta variabilidad en la disponibilidad de agua sugiere la necesidad de realizar análisis adicionales para determinar si es preciso implementar un reservorio como método de almacenamiento de agua durante estos meses de escasez.

3.6 Volumen del Reservorio

Un reservorio es una estructura fundamental en la gestión de recursos hídricos, diseñada para almacenar agua durante períodos de abundancia y suministrarla en tiempos de escasez. Esta capacidad de regulación es crucial para mantener un suministro constante y fiable de agua, especialmente en regiones con variabilidad estacional significativa en las precipitaciones.

Para determinar la factibilidad de la fuente hídrica para nuestro proyecto, realizaremos una evaluación detallada mediante la construcción de una curva de duración de caudales. Esta curva, representada en el gráfico 5, ilustrará la relación entre los

caudales ofertados por el río y el porcentaje del año que estos caudales están disponibles, proporcionando una visión clara de la variabilidad y la fiabilidad del suministro de agua a lo largo del tiempo.

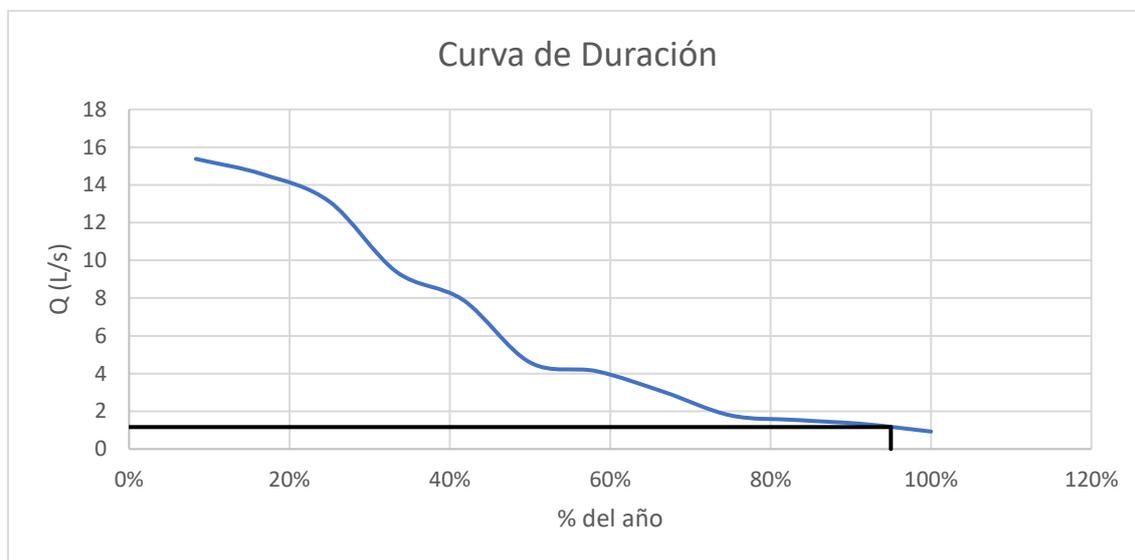


Gráfico 5: Curva de duración

La curva de duración es esencial para comprender la frecuencia y la regularidad con la que se pueden esperar determinados caudales. Según López, si el caudal ofertado el 95% del año es mayor o igual al doble del caudal promedio diario demandado, entonces la fuente hídrica es adecuada para el proyecto. Esta métrica proporciona un criterio claro para asegurar que la fuente seleccionada pueda satisfacer de manera consistente las necesidades de agua del complejo, incluso durante los períodos de menor disponibilidad hídrica.

OFERTA	Q95=	1.166	L/s
DEMANDA	Qpromdia=	0.123	L/s
FACTIBILIDAD		CUMPLE	

Tabla 8: Evaluación de factibilidad de la fuente hídrica

Para determinar el volumen de almacenamiento necesario que satisfaga la demanda hídrica, es útil realizar un diagrama de esorrentía que ilustre claramente la oferta y la demanda de agua durante los distintos meses del año. Este enfoque permite visualizar las fluctuaciones estacionales y facilita la identificación de cualquier déficit

que pueda ocurrir, especialmente en los meses de menor precipitación. Este análisis se presenta en el Gráfico 6, donde se comparan directamente las cantidades de agua disponibles con las necesidades proyectadas del proyecto a lo largo del año.



Gráfico 6: Hidrograma de Escorrentía

Como se puede observar en el Gráfico 6, la oferta de agua supera consistentemente la demanda proyectada para el proyecto, lo que indica que no es necesario construir un reservorio para cumplir con las necesidades de agua. Sin embargo, ya existe un reservorio en el sitio, el cual se tendrá en cuenta para el diseño de la captación y el desarenador. El tanque existente se muestra en la ilustración 10.



Ilustración 10: Tanque existente

4 DISEÑOS HIDRÁULICOS

4.1 Diseño de Captación y Desarenador

En esta sección, se aborda el diseño de la captación de agua, destacando la importancia de su ubicación estratégica y dimensionamiento adecuado para garantizar un suministro óptimo. Además, se explora el diseño del desarenador, enfocado en la eliminación eficiente de partículas sólidas del agua captada, crucial para mantener la calidad del agua y prolongar la vida útil de las instalaciones sanitarias.

Todo diseño de captación tiene como dato de entrada el caudal promedio diario, sin embargo, para mayor eficiencia se puede utilizar el caudal máximo diario, el cual para el proyecto es de 0.173 litros por segundo, lo que representa un caudal muy pequeño para la construcción de un orificio o vertedero. Sin embargo, al tener un tanque existente, el cual se hará uso para el proyecto será el que defina nuestro caudal de diseño para la captación. El tanque es abastecido de agua mediante una manguera de 67 metros de largo y de 3 pulgadas de diámetro. Para conocer el caudal el cual abastecía de agua la manguera al tanque, se utilizó la ecuación de Bernoulli detallada a continuación.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_{Lf} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Ecuación 2: Ecuación de Bernoulli

En donde como punto 1, teníamos el punto de captación y como punto 2, la saliente de agua en la manguera. Y sabiendo que:

P = Presión en el punto respectivo

γ = Peso específico del agua

z = Carga de elevación

v = Velocidad del fluido

g = Gravedad

h_{lf} = Perdidas por fricción, Ecuación 3

$$h_L = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

Ecuación 3: Perdidas por fricción

f = Factor de fricción

D = Diámetro de la tubería

L = Longitud de la tubería

Se realizaron los cálculos necesarios para obtener la velocidad de salida de la manguera, sin embargo se tiene como variable a la velocidad en ambas expresiones y un factor de fricción desconocido, por lo que se realiza un proceso iterativo, en el cual se asume un factor de fricción y mediante el diagrama de Moody, anexo 2, obteníamos el número de Reynolds, ecuación 4, y la relación de rugosidad dividido al diámetro de la manguera, ecuación 5, obteníamos un nuevo valor de factor de fricción mas cercano al correcto, este se va modificando hasta obtener un mismo valor de fricción de inicio y fin en el mismo ciclo de iteración. Para nuestro proyecto el factor de fricción utilizado fue de 0.013, dándonos como resultado una velocidad de 4.94 metros sobre segundo.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta}$$

Ecuación 4: Número de Reynolds

$$\frac{\epsilon}{D} = 4 \times 10^{-6}$$

Ecuación 5: Relación rugosidad y diámetro de tubería

Teniendo la velocidad y utilizando el área de la manguera existente obtenemos el valor de caudal que pasa por la manguera, el cual será nuestro caudal de diseño para la captación como se muestra a continuación:

$$Q = v * A$$

$$Q = 4.94 \frac{m}{s} * \frac{\pi}{4} (3in)^2$$

$$Q = 22.52 \frac{L}{s}$$

Teniendo ya el caudal de diseño se procede a calcular el vertedero, en donde según Gribbin (2007), la ecuación para el diseño de vertederos, ecuación 6, corresponden las variables a la ilustración 11.

$$Q_v = c_w * L * H^{\frac{3}{2}}$$

Ecuación 6: Calculo caudal en vertederos

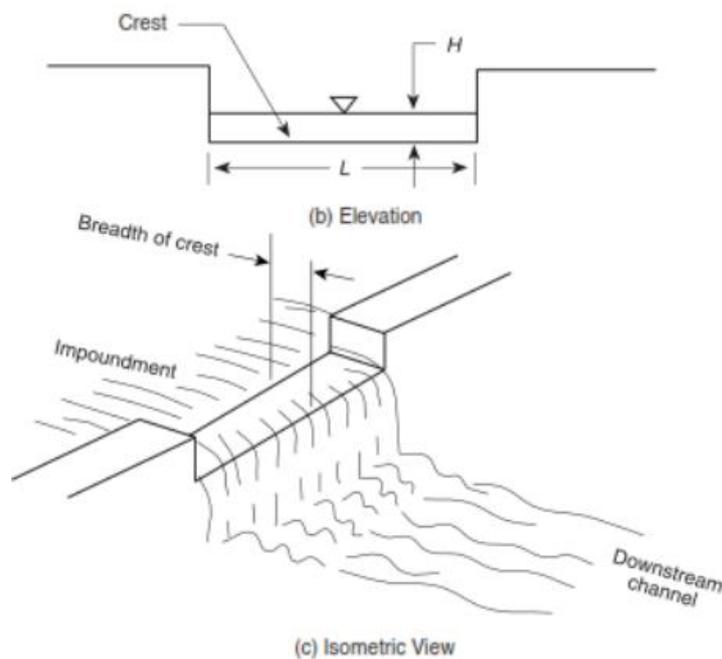


Ilustración 11: Variables correspondientes a vertederos

Para el diseño del vertedero se utiliza una profundidad de agua (H) de 15cm, dándonos como resultado la longitud del vertedero de 25cm, teniendo como corte transversal el anexo 3.

Teniendo ya las dimensiones del vertedero, se procede a dimensionar las cámaras del desarenador, al tener una longitud de vertedero de 25cm, se tendrá como ancho de las cámaras de la misma dimensión, y para conocer el alto y largo del mismo, es necesario conocer la velocidad de sedimentación de las partículas a remover, en nuestro caso se tenía la presencia de arena, la cual entra en un rango de 2 milímetros a 0.063 milímetros, sin embargo un estudio realizado por Carlos Ramírez, José Luis García y Ricardo Bocanegra da como resultado que el 95% de los diámetros medios hallados se encuentran en un rango superior a 0.15 milímetros (Ramírez et al., s. f.). Por lo que como diámetro crítico de nuestro desarenador será de 0.15 milímetros con una densidad de 2.65 gramos por centímetro cubico, para conocer la velocidad de sedimentación se utiliza la teoría de Hazen y Stokes con la ecuación 7.

$$v_s = \frac{g}{18} \frac{\rho_s - \rho}{\eta} D^2$$

Ecuación 7: Velocidad de sedimentación según Hazen y Stokes

En donde,

v_s = Velocidad sedimentación (cm/s)

g = Gravedad (cm/s²)

ρ_s = Densidad partícula (g/cm³)

ρ = Densidad agua (g/cm³)

η = Viscosidad agua (Poise)

D = Diámetro partícula (mm)

Remplazando los valores en la ecuación tenemos que:

$$v_s = \frac{981 \frac{cm}{s^2} (2.65 - 0.99823) \frac{g}{cm^3}}{18 \cdot 0.010086 Poise} (0.15mm)^2$$

$$v_s = 2.008 \frac{cm}{s}$$

Teniendo la velocidad de sedimentación y usando la misma altura del nivel de agua de la captación, es decir 15cm, calculamos el tiempo crítico.

$$t_c = \frac{H}{v_s} = \frac{0.15cm}{2.008 \frac{cm}{s}}$$

$$t_c = 7.47s$$

Teniendo el tiempo critico procedemos a calcular el tiempo de retención para sedimentar a la partícula, para obtener este tiempo utilizaremos un factor de seguridad del 4%, como se muestra a continuación:

$$t_D = F.S.* t_c = 1.04 * 7.47s$$

$$t_D = 7.77s$$

Un factor esencial para nuestro dimensionamiento del desarenador es el calculo de la velocidad horizontal, la cual mediante la ecuación 8 la calculamos.

$$v_H = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S_0^{\frac{1}{2}}$$

Ecuación 8: Ecuación de Manning

En donde,

v_H = Velocidad horizontal (m/s)

n = Coeficiente de Manning

R = Radio Hidraulico (m)

S_0 = Pendiente del canal (%)

$$v_H = \frac{1}{0.017} (0.068m)^{\frac{2}{3}} (0.2\%)^{\frac{1}{2}}$$

$$v_H = 4.39 \frac{cm}{s}$$

Con el tiempo de retención y la velocidad horizontal podemos obtener el largo del canal para que la partícula logre sedimentarse, esta la calculamos con la siguiente expresión

$$L = v_H * t_D = 0.44 \frac{m}{s} * 7.76s$$

$$L = 3.41m$$

Con las dimensiones ya definidas del desarenador procedemos a realizar un esquema en el cual logremos implementar el vertedero de captación y el desarenador, para esto se realizo un esquema mostrado en la ilustración 12. Adicionalmente se añadió un muro de embalse para controlar la altura del nivel de agua que entra en la captación, este se encontrara a un lado del canal de entrada con el vertedero, este igual se puede visualizar en la ilustración 12. Las dimensiones del desarenador, así como el detalle de los muros y losas se encuentra en el anexo 4, y en el anexo 5 se encuentra el detallamiento del muro de embalse.

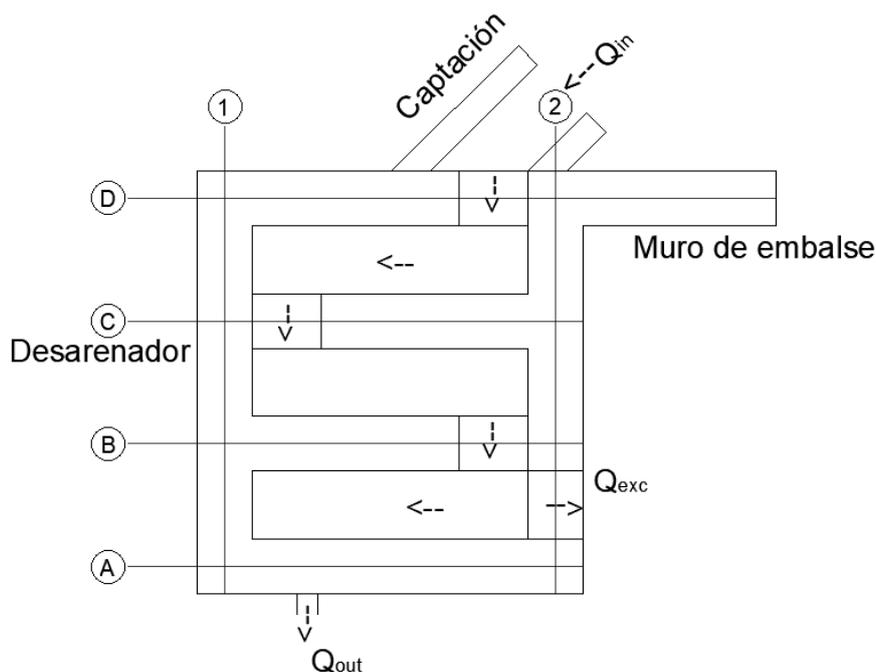


Ilustración 12: Esquema Captación, desarenador y muro de embalse

4.2 Parámetros del sistema distribución

Al no tener la distribución específica de los aparatos sanitarios, no se puede realizar el sistema de distribución, sin embargo, teniendo en cuenta las condiciones a las que se encuentra el centro turístico, se recomienda usar un sistema de distribución de ramales, teniendo como red principal una tubería de PVC de presión de 4 pulgadas cedula 40, la cual tiene resistencia de 220 Psi, que equivale alrededor de 1516 kPa y la presión de diseño recomendada es de 150 kPa. Para encontrar la presión en el punto mas lejano del ramal principal, procedemos a utilizar la ecuación de Bernoulli que se muestra a continuación,

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h_{Lf} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

Sin embargo, no contamos con el valor de perdidas por fricción, por lo que se utiliza la formula de Hazen Williams, recomendada para cálculos de perdida por fricción únicamente para agua. Al obtener el coeficiente de resistencia, lo multiplicamos por el

caudal de diseño y su respectivo caudal, la formula y exponentes se encuentran en la tabla 9 y su coeficiente de rugosidad en la tabla 10, recordemos que nuestro material es PVC.

<i>Fórmula</i>	<i>Coficiente de Resistencia (A)</i>	<i>Exponente de Caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$10.674 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\epsilon, d, Q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10.294 n^2 d^{-5.33} L$	2

donde:

- C: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
- ϵ : coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
- f: factor de fricción (depende de ϵ , d y Q)
- n: coeficiente de rugosidad de Manning
- d: diámetro de la tubería (m)
- L: longitud de la tubería (m)
- Q: caudal (m³/seg)

Tabla 9: Formulas para el cálculo de perdidas por fricción

<i>Material</i>	<i>C Hazen-Williams (universal)</i>	<i>ϵ Darcy-Weisbach (mm)</i>	<i>n Manning (universal)</i>
fundición	130 – 140	0.26	0.012 – 0.015
hormigón	120 – 140	0.3 – 3.0	0.012 – 0.017
hierro galvanizado	120	0.15	0.015 – 0.017
plástico	140 – 150	0.0015	0.011 – 0.015
acero	140 – 150	0.045	0.015 – 0.017
cerámica	110	0.3	0.013 – 0.015

Tabla 10: Valores típicos de rugosidad

Calculamos las pérdidas de fricción a continuación, los valores de distancia desde el tanque hasta el punto mas lejano del ramal principal se muestran en la ilustración 13

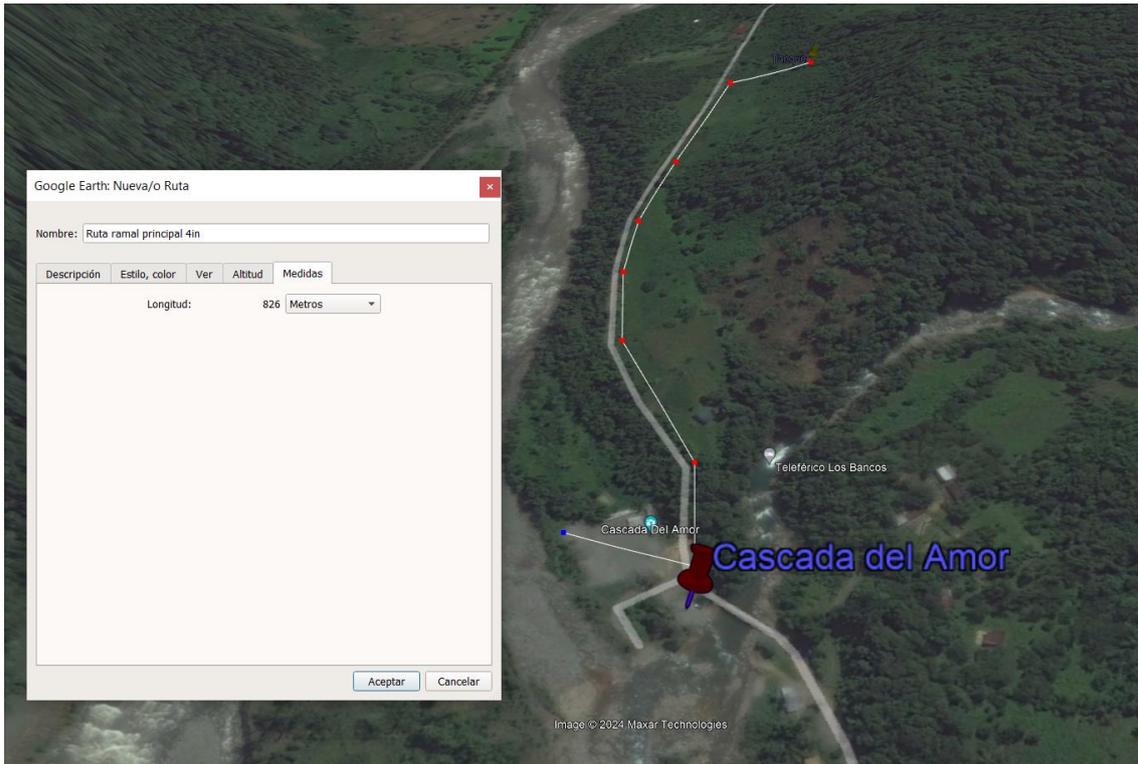


Ilustración 13: Distancia ramal principal

$$h_L = A * Q^B$$

$$h_L = 60238.54 * \left(22.52 \frac{L}{s}\right)^{1.852}$$

$$h_L = 53.57m$$

Con nuestro valor de perdidas por fricción utilizamos la ecuación de Bernoulli para obtener la presión del punto 2, que equivale al final del ramal principal.

$$P_2 = \gamma \left(z_1 - z_2 - h_L - \frac{v^2}{2g} \right)$$

$$P_2 = 9.81 \frac{kN}{m^3} \left(890m - 820m - 53.57m - \frac{\left(2.78 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.81 \frac{m}{s^2}} \right)$$

$$P_2 = 157.31 kPa$$

La presión en el punto final del ramal principal es de 157.31kPa, superior a los 150 kPa recomendados para zonas residenciales, por lo que no es necesario una estación de bombeo, ya que el sistema de distribución funciona correctamente a gravedad.

4.3 Presupuesto Preliminar

Se realiza un presupuesto preliminar de alto nivel para obtener una idea del costo del proyecto, para esto se realiza un analisis de precios unitarios, los rubros seleccionados fueron calculados con los cortes mostrados en el anexo 3, 4 y 5, cabe mencionar que las dimensiones utilizadas son las propuestas en los mismos y esto se puede modificar al momento de realizar el diseño estructural. Para el peso del acero se esta calculando la cuantia minima de cada muro y losa, transformandolo a numero de varillas y diametro adecuados a su cuantia, lo cual al realizar el diseño estructural, puede llegar a aumentar, mas no disminuir, la cuantia minima, asi como el numero de varilla y diametro se encuentran detallados en la tabla 11 y 12.

Captacion	Asmin		phi acero		W/m	L		kg
			#	Dvarilla				
Muro 1	0.867	cm2	2	8	0.395	0.25	m	0.198
Muro 2	0.867	cm2	2	8	0.395	0.6	m	0.474
Losa	0.567	cm2	1	10	0.617	0.39	m	0.24063
							TOTAL	0.912

Tabla 11: Peso en kilogramos de acero para el canal de captación

Desarenador	Asmin		phi acero		W/m	L		kg	N.	Kg total
			#	Dvarilla						
Muro emb	3.067	cm2	2	14	1.208	0.7	m	1.691	1	1.6912
Muro 1x1	5.067	cm2	3	16	1.578	1	m	4.734	4	18.936
Muro 1.55x1	5.067	cm2	3	16	1.208	1.55	m	5.6172	2	11.2344
Losa 2.17	4.284	cm3	3	14	1.578	1.55	m	7.3377	1	7.3377
							TOTAL			39.199

Tabla 12: Peso en kilogramos de acero para el desarenador

Por último, se realiza el analisis de precios unitarios de ambos sistemas, el costo del proyecto de captacion y desarenador esta detallado en la tabla 13 y el costo del sistema de distribucion se encuentra en la tabla 14.

CAPTACIÓN Y DESARENADOR						
Item	Descripción del Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	% incidencia
01	CERRAMIENTO PROVISIONAL H=2.40M CON GALVALUMEN METÁLICO E=0.40MM	m	6	\$ 27.80	\$ 166.80	17.94%
02	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	30	\$ 1.44	\$ 43.20	4.65%
03	REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS	m2	30	\$ 1.98	\$ 59.40	6.39%
04	EXCAVACION MANUAL EN CIMIENTOS Y PLINTOS	m3	1.953	\$ 15.46	\$ 30.19	3.25%
05	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	0.826	\$ 7.54	\$ 6.23	0.67%
06	HORMIGON SIMPLE MUROS, F'C=210 KG/CM2, NO INC. ENCOFRADO	m3	1.55	\$ 129.72	\$ 56.30	6.06%
07	HORMIGON SIMPLE LOSA MACIZA E=15CM, F'C=210 KG/CM2, NO INC. ENCOFRADO	m3	0.434	\$ 151.74	\$ 235.20	25.30%
08	ACERO DE REFUERZO FY=4200 KG/CM2 CON ALAMBRE GALV. N° 18	kg	40.111	\$ 1.92	\$ 77.01	8.28%
09	ENCOFRADO CON TABLA DE MONTE LOSA, INC. VIGAS DE MADERA	m2	2.17	\$ 36.31	\$ 78.79	8.48%
10	ENCOFRADO TABLA DE MONTE - MURO	m2	7.75	\$ 18.24	\$ 141.36	15.21%
11	EMPASTE EXTERIOR	m2	9.07	\$ 3.21	\$ 29.11	3.13%
12	TAPA METALICA (PROVISION Y MONTAJE)	m2	6	\$ 1.00	\$ 6.00	0.65%
TOTAL					\$ 929.60	100%

Tabla 13: Presupuesto preliminar del sistema de captación y desarenador

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN						
Item	Descripción del Rubro	Unidad	Cantidad	P. Unitario	P. Total	% incidencia
01	REPLANTEO Y NIVELACIÓN CON EQUIPO TOPOGRÁFICO	m	826	\$ 0.69	\$ 569.94	4.41%
02	LIMPIEZA MANUAL DEL TERRENO	m2	30	\$ 1.44	\$ 43.20	0.33%
03	EXCAVACION DE ZANJAS A MAQUINA EN TIERRA H=0-2.75M	m3	206.5	\$ 3.35	\$ 691.78	5.35%
04	RELLENO COMPACTADO CON SUELO NATURAL	m3	123.9	\$ 7.54	\$ 934.21	7.23%
05	TUBERIA PVC U/E 110MM 1.25 MPA	m	826	\$ 12.94	\$10.688.44	82.68%
TOTAL					\$12.927.56	100%

Tabla 14: Presupuesto preliminar del sistema de distribución

El precio unitario de los rubros presentados fue obtenido de “Costos de la construcción” elaborado por la Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON)

4.4 Tratamiento del agua

Adicionalmente la potabilización del agua será realizada por un sistema de filtración propuesto por el PhD. Josh Kearns, este tiene un volumen de filtrado de 300 litros por día, al ser esta una fuente de potabilización esta si requerirá de un sistema de bombeo, dependiendo la ubicación la cual será ubicado, esto dependerá de la distribución de los ramales secundarios y terciarios, los cuales no se realizan en este trabajo, debido a no tener la distribución y ubicación de los aparatos o sistemas sanitarios.

5 CONCLUSIONES

Se evaluó la demanda hídrica diaria del centro turístico tomando en cuenta todas las especificaciones y consumos de todos los aparatos e instalaciones sanitarias, arrojando un resultado de 0.123 L/s.

El estudio hidrológico realizado determinó que la oferta hídrica en el punto de captación equivale a 1.166 L/s, lo cual excede significativamente la demanda. Este análisis permitió concluir que no era necesario construir un reservorio adicional, ya que el caudal disponible es suficiente para satisfacer las necesidades del centro turístico.

Se definió un caudal de diseño y se dimensionaron tanto la captación como el desarenador para funcionar en conjunto con el tanque existente. El caudal de entrada del tanque se ajustó al caudal de diseño de la captación y el desarenador, permitiendo así captar más agua de la necesaria y abriendo la posibilidad de futuras expansiones del centro turístico.

Se realizó un pre-diseño del sistema de distribución, comprobando que el sistema funciona por gravedad. Además, se verificó que tanto la presión como la velocidad en todo el ramal principal se encuentran dentro del rango recomendado, garantizando un suministro eficiente y seguro.

Finalmente, se elaboró un presupuesto preliminar de alto nivel, estimando que el costo del proyecto sería de aproximadamente \$13,857.16. Este presupuesto proporciona una base sólida para la planificación financiera y la implementación del proyecto.

6 RECOMENDACIONES

Para la continuación de este trabajo, se recomienda realizar el diseño estructural del canal y los muros de la captación y el desarenador. Esto incluye un análisis utilizando el método de elementos finitos y la verificación de factores críticos como la flotabilidad, el deslizamiento y el volcamiento.

Además, es aconsejable elaborar un presupuesto más detallado y exacto del costo del proyecto, perfeccionando tanto la parte estructural como el diseño de los ramales secundarios y terciarios del sistema de distribución.

BIBLIOGRAFIA

Alcaldía de San Miguel de los Bancos—San Miguel de los Bancos. (s. f.). Recuperado 7 de abril de 2024, de <https://gadmsmb.gob.ec/index.php/san-miguel-de-los-bancos>

Kleber Armijos. (2024). *MODELO gestión Cascada del Amor.*

Perez Carmona. (2010). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para instalaciones* (Sexta).

Ramírez, C., García, J. L., Ramírez, O., & Bocanegra, R. A. (s. f.). *CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DEL LECHO DEL RÍO CAUCA.*

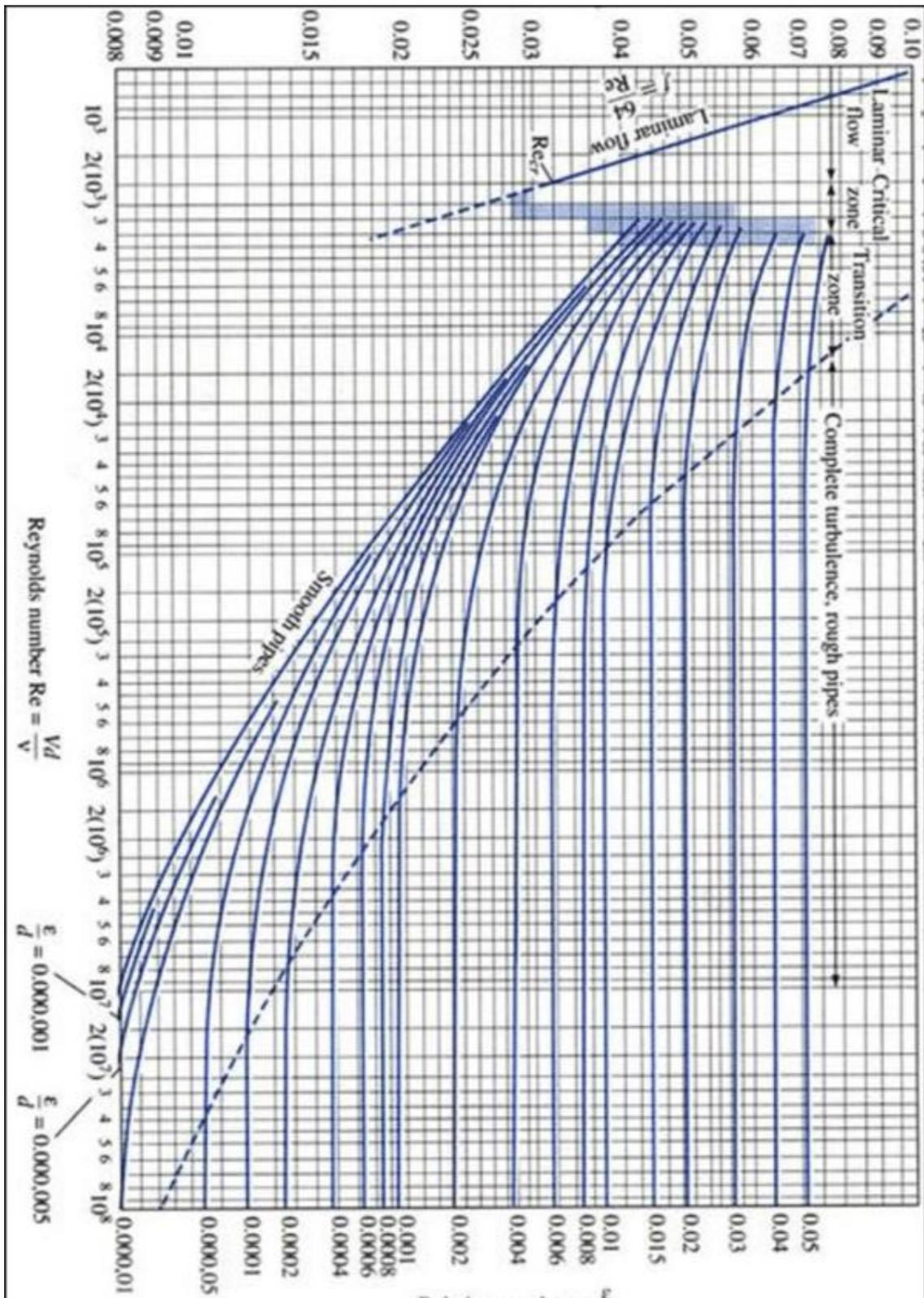
Grijalva Carlos, Freire Nicol (2022). *Manual de Costos de la Construcción 2022.*

7 ANEXOS

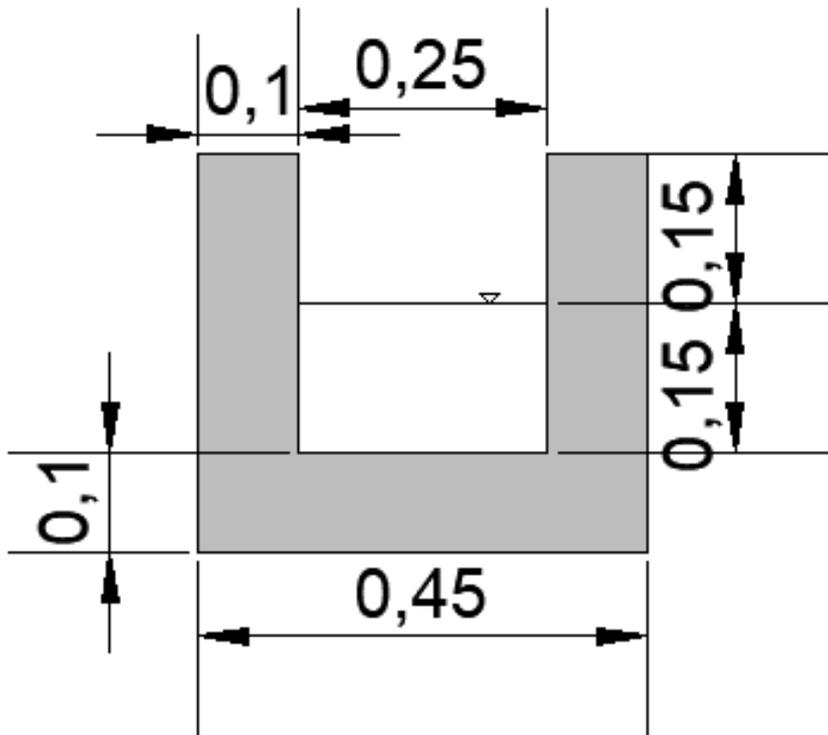
ANEXO 1

Aparato e instalacion sanitaria	Consumo por uso	Numero de personas por unidad	Relacion de persistencia de uso por habitante	Consumo diario real por unidad	Consumo diario usado por unidad	Numero de personas que utilizaran el servicio
Baterias Sanitarias (Baños)*	6.1 L/descarga	40 hab/dia	0.8 uso/hab	195.2	200	360
Duchas*	45 L/uso	80 hab/dia	0.2 uso/hab	720	750	160
Lavabos de manos*	3 L/uso	50 hab/dia	0.9 uso/hab	135	150	350
Urinarfos*	0.5 L/descarga	60 hab/dia	1.4 uso/hab	42	50	180
Cocinas con Lavaplatos y Lavamanos	10 L/hab	25 hab/dia	-	250	250	375
Negocios con Lavabos de manos	3 L/uso	10 hab/dia	3 uso/hab	90	100	50
Lavamanos generales del complejo	3 L/uso	50 hab/dia	1.25 uso/hab	187.5	200	200

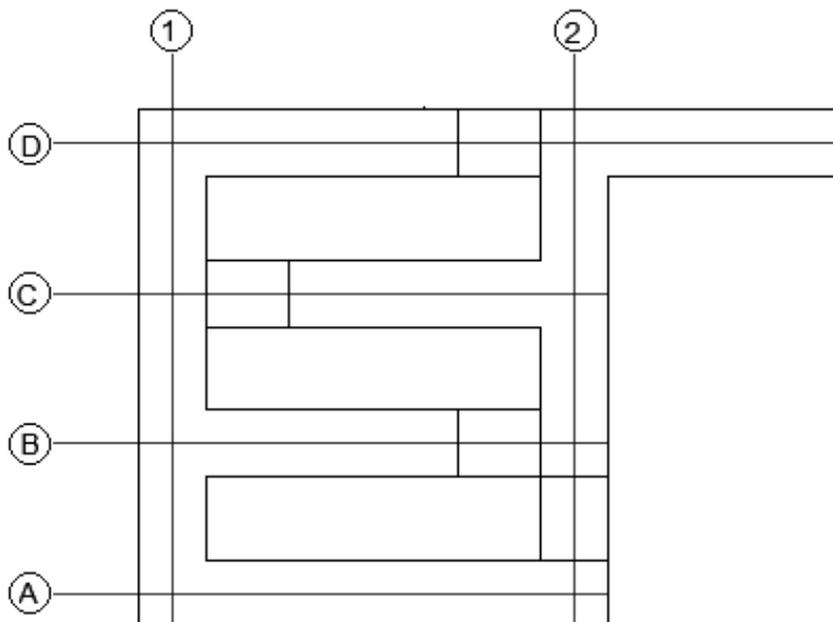
ANEXO 2



ANEXO 3

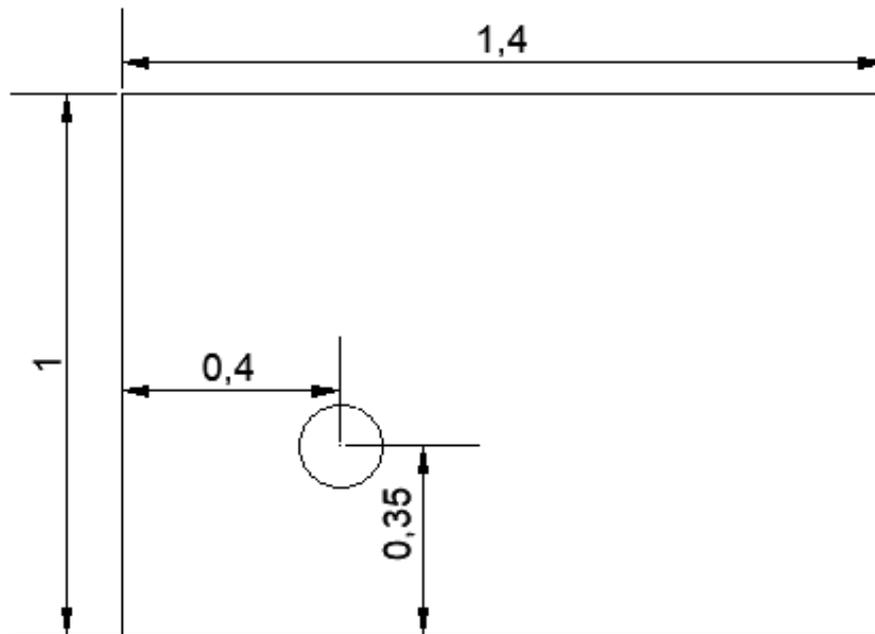


ANEXO 4

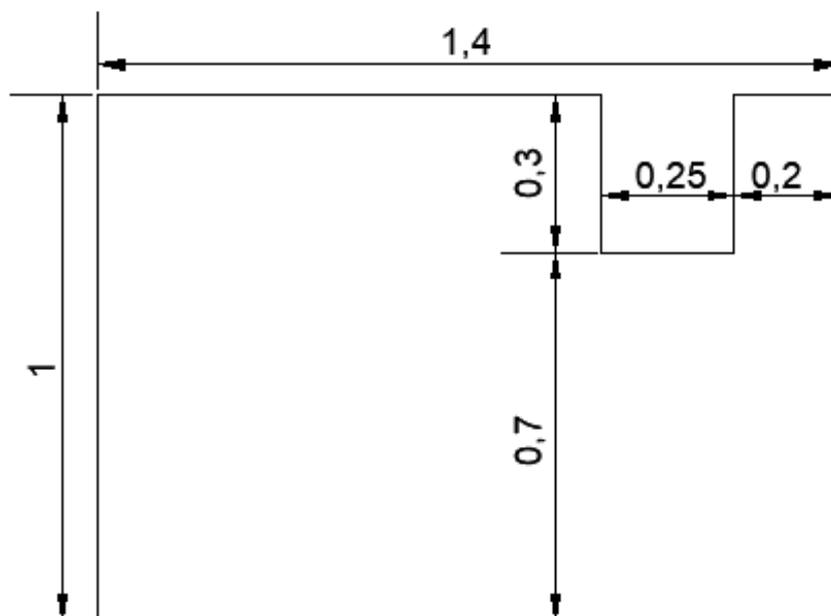


ANEXO 5

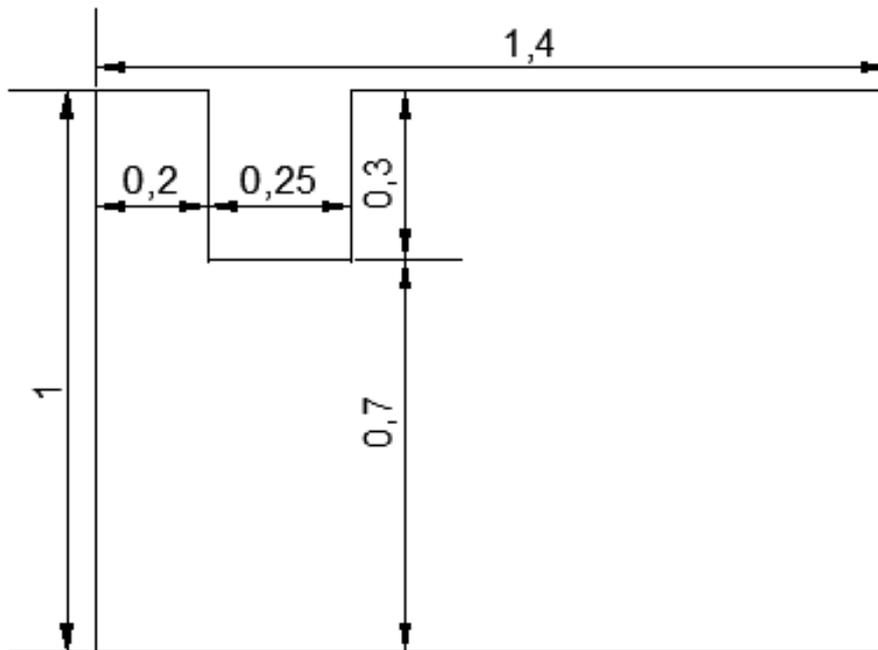
Corte A - A'



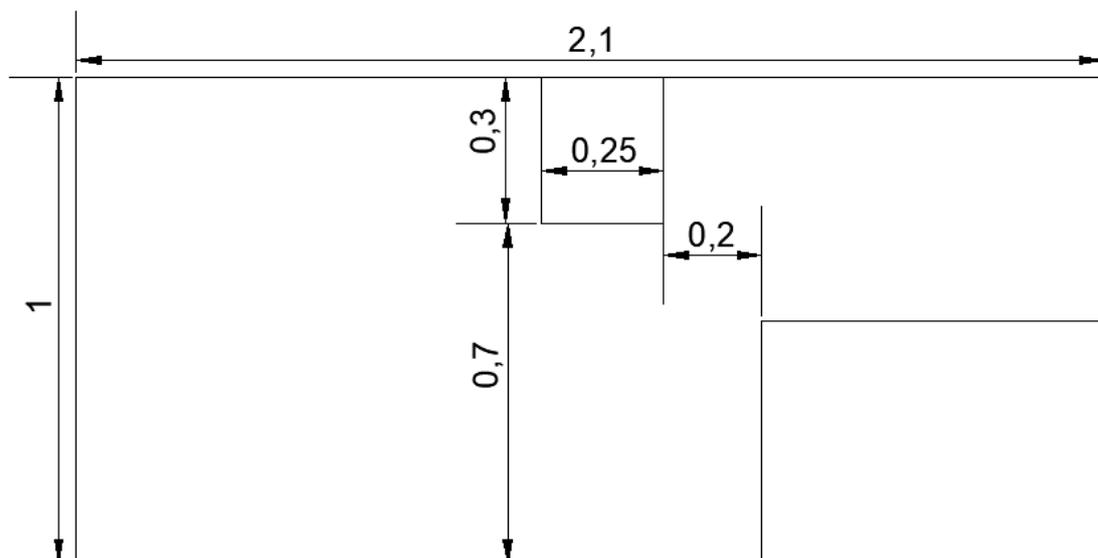
Corte B - B'



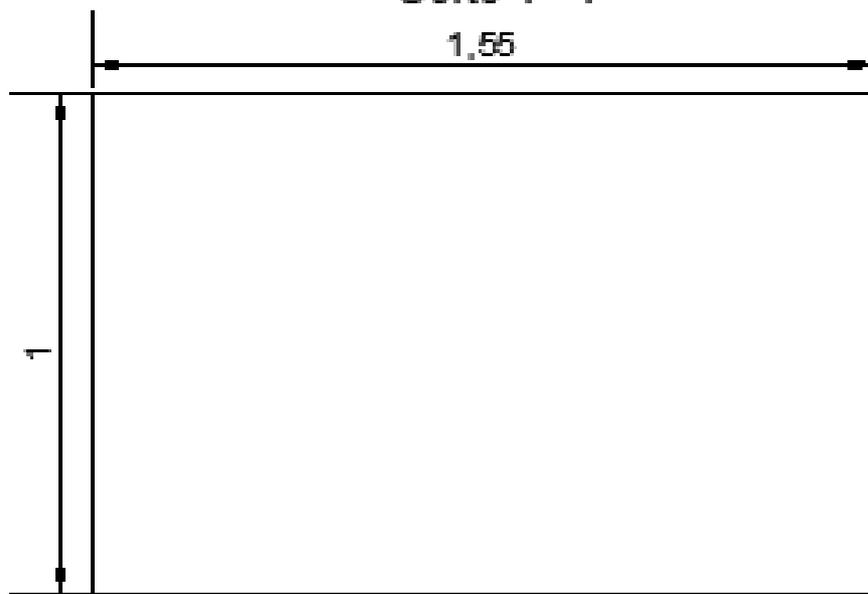
Corte C - C'



Corte D - D'



Corte 1 - 1'



Corte 2 - 2'

