	UNIVERSIDAD CENTRAL			Código PG-128
Elaborado por: Ignacio Leitón H	Aprobado por: Miguel Araya V	Fecha de Emisión: 22 Marzo, 2021	Fecha de Aprobación:	Versión 2

**UNIVERSIDAD CENTRAL
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL ACUEDUCTO RURAL EN
MONSERRAT DE CASCAJAL DE CORONADO**

ESTUDIANTE: IGNACIO LEITÓN HERNÁNDEZ

TUTOR: ING. MIGUEL ARAYA VARGAS

SEDE CENTRAL

Abril, 2021

Abreviatura, Simbología y Unidades

Abreviatura

Asada	Asociaciones Administradoras de Sistemas de Acueductos y Alcantarillados.
ASTM	American Society for testing and materials.
AyA	Acueductos y Alcantarillados.
CPVC	Compuestos de Cloruro de Poli Vinilo.
FMH	Factor máximo horario
GAM	Gran Área Metropolitana.
HDD	Directed horizontal drilling
INDER	Instituto de Desarrollo Rural.
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos.
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo.
ISO	International Organization for Standardization.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
mca	Metros columna de agua.
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía.
m.s.n.m	metros sobre el nivel del mar.

Nmp	Número más probable
ORAC	Organización Regional de Acueductos Comunales.
PEAD	Polietileno de alta densidad.
Ph	Acidez.
PVC	Cloruro de Polo Vinilo.
Q	Caudal.
QMD	Caudal Máximo Diario.
QMH	Caudal Máximo Horario.
QPD	Caudal promedio diario.
SDR	Standard Dimension Ratio.
SETENA	Secretaria Técnica Nacional.
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
UC	Unidad de Calculo.
UCE	Unidad de Consumo equivalente
VC1	Vertiente del Caribe 1.
VC2	Vertiente del Caribe 2.
VC3	Vertiente del Caribe 3.

Simbología

%	Porcentaje.
----------	-------------

N° Número.

Unidades

Km Kilometro.

Psi Libra por pulgada cuadrada.

V Velocidad

mg/l miligramo por litro.

m3 metro cubico.

g/l gramo por litro

l/s litro por segundo.

Mm milímetro.

Pulg pulgada.

Kg/cm2 Kilogramo centímetro cuadrado.

L litro.

Mg miligramo

S segundo.

Contenido

<i>Abreviatura, Simbología y Unidades</i>	<i>ii</i>
<i>Contenido</i>	<i>v</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>vii</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>viii</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>ix</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>x</i>
<i>Resumen</i>	<i>xi</i>
<i>Capítulo I</i>	<i>1</i>
<i>Problema</i>	<i>1</i>
<i>Planteamiento del problema</i>	<i>1</i>
<i>Pregunta de investigación</i>	<i>1</i>
<i>Antecedentes</i>	<i>2</i>
<i>Antecedentes internacionales.</i>	<i>2</i>
<i>Antecedentes nacionales.</i>	<i>5</i>
<i>Objetivo general</i>	<i>7</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>7</i>
<i>Justificación</i>	<i>8</i>
<i>Proyecciones</i>	<i>10</i>
<i>Alcances</i>	<i>10</i>
<i>Limitaciones</i>	<i>11</i>
<i>Capitulo II</i>	<i>12</i>
<i>Marco teórico</i>	<i>12</i>
<i>Conceptos generales</i>	<i>12</i>
<i>Climatología</i>	<i>16</i>
<i>Hidrología</i>	<i>18</i>
<i>Protección de Quebradas y Ríos</i>	<i>21</i>
<i>Concesión de agua.</i>	<i>24</i>
<i>Topografía</i>	<i>26</i>
<i>Captación de agua potable</i>	<i>29</i>

Estudios químicos del agua	29
Asada	30
Dotación	34
Aforos	36
Tipos de aforos	36
<i>a) Aforos directos.</i>	36
<i>b) Aforos indirectos.</i>	36
Pérdidas generadas por fricción	38
Tuberías y accesorios	41
Instalación de tubería en zanja abierta	45
Instalación de tubería por Perforación Horizontal Dirigida	46
Capítulo III. Marco metodológico	49
Enfoque de la Investigación	49
Método de investigación	49
Fuentes de información	50
Variables o Unidades de Análisis	50
Instrumentos	51
Proceso para la recolección y análisis de datos	51
Capítulo IV. Análisis de Resultados	52
Concesión	52
Viabilidad ambiental	53
Población	53
Almacenamiento del tanque	55
Aforo realizado a la naciente	56
Aforo realizado a Quebrada Grande	59
Perdidas por fricción	66
Pruebas de Laboratorio	69

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones.....	71
Conclusiones.....	71
Recomendaciones.....	74
Referencias.....	76
Apéndices	78
1. Concesión.....	78
2. Cotización Prueba de Laboratorio.....	79
3. Prueba de Laboratorio.....	84
4. Parámetros de diseño.....	85
5. Planos	- 80 -

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de Regiones.....	18
Tabla 2. Ventajas y desventajas de aguas superficiales	21
Tabla 3. Principales problemas de abastecimiento de agua potable	22
Tabla 5. Normas aplicables a la tubería	43
Tabla 6. Presión de trabajo para tubería PVC y CPVC.....	43
Tabla 7. Presión de trabajo p para tuberías y accesorios PVC SCH 40 y SCH 80 .	44
Tabla 8.Estimacion de la población.....	54
Tabla 9. Dotaciones.....	54
Tabla 10. Factores de demanda máxima.....	55
Tabla 11. Aforo 1 realizado a naciente.	59
Tabla 12. Aforo 2 realizado a naciente	59
Tabla 13. Aforo 1 Quebrada Grande	64
Tabla 14. Aforo 2 Quebrada Grande	64
Tabla 15. Aforo 3 Quebrada Grande	65
Tabla 16. Parámetros de calidad del agua	69
Tabla 17. Datos de prueba de Laboratorio.....	69

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de posibles fuentes de agua	20
Figura 2. Satelital Visor Snit. Protección a la toma de agua.	26
Figura 3. Distribución del Cantón Vázquez de Coronado (www.coromuni.go.cr) .	27
Figura 4. Tanque de almacenamiento ASADA de Cascajal	31
Figura 5. Desarenadores ASADA de Cascajal	32
Figura 6. Tanque de salida ASADA de Cascajal	32
Figura 7. Sistema de cloración	33
Figura 8. Representación de la instalación de tubería a Zanja abierta.....	46
Figura 9. Métodos más utilizados en instalación de tuberías	47
Figura 10. Proceso de sustracción de materia prima para fabricación de tubería	48
Figura 11. Sitio de ubicación de concesión Quebrada Grande.....	52
Figura 12. Sitio de primer aforo.	56
Figura 13. Captación de agua existente para abastecer una finca sitiada en la naciente.....	57
Figura 14. Elevación y ubicación de naciente	58
Figura 15. Indicación de servidumbre inscrita para paso de acueducto.	60
Figura 16. Represa existente en Quebrada Grande sin funcionamiento.....	62
Figura 17. Elevación y ubicación de represa existente en Quebrada Grande	63
Figura 18. Sitios de aforos realizados en Quebrada Gran.....	65

Agradecimientos

En primer lugar, le agradezco a Dios por permitirme completar esta meta satisfactoriamente. Le agradezco a mi familia, padres, hermano, especialmente esposa e hija que fueron el motivo para lograr este objetivo tan importante de mi vida, por todo el apoyo que me dieron durante el tiempo de estudio.

Quiero agradecer también a los profesores que me dieron un granito de enseñanza, por todo el esmero y preparación que me brindaron durante este tiempo, en especial al profesor tutor Ing. Miguel Araya por brindarme el tiempo requerido para llevar a cabo este proyecto.

También quiero agradecer a los compañeros y amigos de estudio que nos apoyamos para lograr este objetivo, que de una u otra manera supimos salir adelante y concluir satisfactoriamente.

También agradezco a jefes y compañeros de trabajo que incondicionalmente me ayudaron y apoyaron en todo momento para lograr esta meta personal.

Dedicatoria

En primera instancia se lo dedico a Dios que nos da la sabiduría y entendimiento para poder lograr los objetivos. Este logro de superación también se lo dedico a mi padre Rogelio Leitón Vargas que se encuentra en cama en un estado delicado de salud y a mi madre Sara Hernández Castillo que incondicionalmente me apoyó en todo momento.

Muy en especial se lo dedico también a mi esposa e hija que son el motor de mi vida para poder salir adelante y que me apoyan en todas las metas propuestas.

Resumen

Este trabajo planteará la problemática que sufre la zona alta del Cantón Vázquez de Coronado por el faltante de agua potable, en específico la población del sector conocido como Monserrat. Es un pueblo situado a 22km del centro del Cantón de Vázquez de Coronado dentro de la Cordillera Volcánica Central, cuyos límites son: al Este el Parque Nacional Volcán Irazú, Parque Nacional Volcán Turrialba, Al Norte y Oeste El Braulio Carrillo. Para llegar ahí se tiene que cruzar por el distrito de San Rafael el centro del distrito de Cascajal y de ahí empieza su recorrido por camino de lastre hasta llegar al centro de Monserrat, aproximadamente son 7 km de camino de lastre. El 70 % de los días del año su clima es lluvioso y nublado por lo que es considerado un clima tropical húmedo.

Por los años 90 era muy común escuchar que el agua era un líquido inagotable, sin embargo, ya se ha notado que esto no es del todo cierto y que estamos llegando a tener una crisis todos los años en época seca.

Es muy notable escuchar por diferentes medios de comunicación que en los primeros 4 meses de cada año, en el Gran Área Metropolitana en época seca, existe un significativo racionamiento de agua potable, debido a que las captaciones del apreciado líquido se desabastecen y los ríos utilizados para este fin se llegan a secar. Cabe mencionar que dentro del sistema operativo con que cuenta el GAM para el suministro de agua potable y que es manejado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados existen otra serie de problemas como los que se describen a continuación:

➤ El cambio climático está afectando ya que al tener precipitación la mitad del año, no se cuenta con los suficientes recursos para hacer una captación de esa agua por lo que se llega a filtrar en el suelo.

➤ El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados cuenta con diferentes organizaciones llamadas ASADAS, principalmente para zonas rurales, pero estas no cuentan con la capacidad financiera para abastecer adecuadamente a la población.

➤ Las reparaciones y demás mantenimientos que se realizan a lo largo de un acueducto no son intervenidas en tiempo prudente, por lo que se llega a tener un desperdicio del preciado líquido.

Reynolds (2002) indicó:

La carencia de agua de buena calidad, tanto para consumo humano como para otros usos, es uno de los problemas más importantes que enfrenta América Latina en la actualidad, en donde la vida de cientos de miles de personas depende de la disponibilidad de este valioso recurso. Millones de dólares han sido invertidos para mejorar los sistemas de extracción y distribución con la finalidad de hacer frente a la creciente demanda de la población (p.IX)

Monserrat de Coronado es una zona donde abunda el agua, esto por ser una zona alta y contar con mayores precipitaciones durante todo el año. Es un lugar donde se encuentran las nacientes de agua en cualquier época del año, además, al tener cercanías con reservas forestales, no existe la deforestación y esto lo hace aún más atractivo. A pesar de eso es común observar con recurrencia como personas ajenas al lugar contaminan los ríos y nacientes.

En relación con lo anterior, Ramírez (1998) indicó que “la diferencias y cambios de relieve y el predominio de condiciones climáticas, favorecen en cuanto a la cantidad de precipitación, hacen del país un territorio con un gran potencial del desarrollo y aprovechamiento actual y futuro del recurso hídrico (p.1)”.

La comunidad de Monserrat de Cascajal de Coronado, desde los primeros habitantes, ha logrado abastecerse del líquido empíricamente, sin control y sin obtener la mejor calidad. A pesar de todo esto, han sabido llevar la vida paulatinamente; sin embargo, a la comunidad han llegado personas con capacidad financiera a desarrollar sus proyectos turísticos y al no existir un acueducto debidamente registrado e inscrito como operador, toman la iniciativa de hacer pozos y registrarlos ante el Ministerio de Ambiente y Energía para así obtener el agua. De igual manera sigue siendo un problema el aprovechamiento del recurso hídrico, ya que la población más vulnerable, entiéndase los coterráneos, siguen abasteciéndose del sistema empírico, situación que repercute en la salud y calidad de vida de los habitantes de esta comunidad.

En un reportaje publicado en *Conexión*, el 13 de marzo del 2015 llamado “Los desafíos de América Latina frente a la escasez de agua en las zonas rurales” se indica:

Al verse afectada la agricultura y la escasez de agua, el principal problema que afrontan los pobladores de las zonas rurales es la amenaza de la vida misma. Pamela Poo, coordinadora del observatorio Parlamentario de Chile, sostiene que, con la escasez de agua, muchas comunidades no pueden velar por su economía a gran escala.

Para entender un poco más esto, existe una resolución de la Organización de Naciones Unidas número 64/292 que indica:

El agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida. Esta resolución de Naciones Unidas reconoce por primera vez el derecho al agua

y al saneamiento y declara que el agua potable limpia y el saneamiento son esenciales para la realización de todos los derechos humanos.

La resolución exhorta a los estados y a las organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a apoyar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los países en vías de desarrollo, y a suministrar unos servicios seguros de agua potable limpia y saneamiento accesibles y asequibles para todos. (p. 3)

Sabiendo lo importante que es el agua potable para el consumo humano, se debe garantizar que se realice un suministro de calidad y cantidad necesaria del agua, considerando todos los factores que esto conlleva, dando una satisfacción al ser humano y una mejor calidad de vida principalmente a las poblaciones rurales.

Este trabajo explicará los diferentes estudios necesarios, relacionados con el suministro de agua potable, principalmente para la comunidad de Monserrat tanto hídricos como hidráulicos.

Capítulo 1

Problema

Planteamiento del problema

El actual problema con el que cuenta la zona rural de Monserrat es que no cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable que cumpla con la normativa pertinente. Los vecinos para poder tener el líquido están conectados a un río donde no se sabe la calidad de esta agua superficial, exponiéndose a enfermedades. Otra parte de la población está siendo abastecida por las nacientes más cercanas.

En épocas de lluvia, se presentan crecidas que contaminan todas las tuberías con lodos, lo que afecta considerablemente al sistema que tienen actualmente y que es completamente empírico. Al ser una zona rural, existen ya varias personas que han comprado propiedades para desarrollar proyectos inmobiliarios, pero tienen la limitante que no cuentan con disponibilidad de agua potable, por lo que no han podido ejecutar sus proyectos. Algunos de ellos han intentado vender las propiedades porque en la zona no hay desarrollo sustancial por no contar con el suministro del recurso hídrico.

Pregunta de investigación

¿Cómo generar el análisis de viabilidad del proyecto del Acueducto rural en Monserrat de Cascajal de Coronado?

Antecedentes

Antecedentes internacionales.

Un primer antecedente se toma de una publicación realizada en Francia por Chloe Nicolás – Artero (2017), en su artículo “Las organizaciones comunitarias de agua potable rural en América Latina: un ejemplo de economía substantiva” menciona que:

Las Juntas de Agua y Comités de Desarrollo Comunitario de El Salvador, las Juntas Administradores de Acueductos Rurales de Panamá, las Asociaciones de Acueductos Comunales de Costa-Rica, las Juntas administradoras de Agua Potable de Las organizaciones comunitarias de agua potable rural en América Latina: Ecuador, o las comunidades de agua de Venezuela forman una alternativa a sistemas municipales y públicos. En México, Honduras, Colombia, Perú, Bolivia, Paraguay, Nicaragua y República Dominicana los sistemas comunitarios, coexisten con sistemas privados, públicos o municipales. En Chile, los comités y cooperativas de Agua Potable Rural (APR) representan una alternativa a la privatización de zonas urbanas. (p. 1)

Lo anterior demuestra que a nivel latinoamericano se han generado programas y comités de desarrollo para contrarrestar el faltante de agua potable de una población. Sin embargo, en la mayoría de los casos se envuelve en un problema económico el no contar con el recurso hídrico, ya que las personas que forman las juntas son vecinos de la comunidad rural que no están recibiendo ingreso y se vuelven trabajos ad-honorem.

Como segundo trabajo es crear una línea de abastecimiento de agua potable que lleva a muchas situaciones como, por ejemplo, los terrenos por donde se trazará la línea de conducción. Al respecto Nicolás – Artero (2017) indica que:

El territorio del agua del comité se define materialmente por la extensión de sus redes, e idealmente por la historia, valores y representaciones compartidas por los habitantes endógenos. Los esfuerzos realizados por la formación del comité, por lograr la regularización de los derechos de agua, por obtener los títulos de propiedad de los terrenos, los esfuerzos físicos y financieros realizados por el mantenimiento del sistema, la lucha por ser integrados al programa y beneficiar de la ayuda del Estado, conllevan a una valoración de los comités de APR por las personas que lo vivieron. (p. 7)

Dicho lo anterior, es comprensible que en una comunidad principalmente rural no se cuente con el suministro de agua potable. A pesar de la situación que viven los habitantes, es muy difícil conseguir un acceso apropiado para canalizar las aguas que abastecerán la población. La mayoría de propietarios piensan en las consecuencias que esto le puede causar como el ceder al Estado una servidumbre de aguas para ayudar a la comunidad con el abastecimiento.

Como tercer antecedente nos referimos a la comunidad propiamente de Monserrat. La ASADA que debería cubrir esa zona no cuenta con los recursos económicos para realizar un correcto abastecimiento del suministro de agua potable, esto porque es una zona rural de difícil acceso. Al respecto Ruiz (2017) señala que:

El problema del suministro de agua para la población rural en nuestro departamento actualmente es una preocupación latente, el crecimiento demográfico rural y conforme aumenta la población y se crean nuevas necesidades y hace que el consumo de agua potable sea cada vez mayor, motivo por el cual se debe de suministrar de manera adecuada y racional este recurso. (p. 12).

Dado lo anterior se puede mencionar que una población que no cuenta con agua potable, el tener limitantes para el desarrollo poblacional y saber que las tierras pueden perder plusvalía, da como resultado una población en abandono y de escasos recursos, en donde muchas personas se

aprovechan de esta situación para extraer los recursos con los que cuenta la comunidad sin dejar nada a cambio.

Como cuarto antecedente vemos que crear un acueducto implica muchos factores, esto debido a la gran importancia que representa el suministro de agua potable principalmente porque esto conlleva a que las personas sufran menos enfermedades. Bessql, Móscoso, Cabanillas, González, Minaya, Pajares, Saldaña, Carrasco, Highsmith y Tau señalan que:

La epidemia de cólera se declaró en el Perú en enero de 1991 y se propagó con rapidez por gran parte de América Latina. A fines de 1992 se habían notificado más de 700 000 casos y 6000 defunciones. En los estudios de transmisión del cólera realizados al comienzo de la epidemia en Trujillo -la segunda ciudad del Perú en importancia- se estimó que el consumo de agua potable sin hervir era el factor de riesgo de infección más importante en esa ciudad. En esa época, el agua procedente de la principal fuente de abastecimiento de Trujillo no estaba clorada y su distribución era intermitente. Los escapes y las conexiones clandestinas que minaban la integridad del sistema de conducción eran comunes y el agua se contaminaba a menudo. (p. 189)

Esto es un factor sumamente importante para la calidad humana, donde la salud de las personas se encuentra en riesgo al no consumir agua de calidad. Si sumado a que las zonas rurales, principalmente la de Monserrat de Cascajal, presentan un acceso difícil, porque sus carreteras no son adecuadas para transitar y que siempre es latente que ocurra una emergencia, se debe por lo menos considerar que se deben evitar enfermedades principalmente por las bacterias que pueden conformar el agua que consumen, además sabiendo que el agua es el líquido más fundamental para el ser humano.

Antecedentes nacionales.

Entre los estudios realizados en Costa Rica podemos encontrar la investigación realizada por Hall (2018) quien estudio el “Análisis Comparativo de Alternativas para el Abastecimiento de Agua Potable en la Población de Matinilla, Coronado.” La situación presentada es muy similar a la que encontramos en Monserrat de Cascajal de Coronado. Los pobladores captan su agua de manera individual y se abastecen de diferentes fuentes de agua, ya sean superficiales o subterráneas. Por lo general las líneas de conducción tienden a fallar debido a los sistemas empíricos donde no tienen control de las presiones que soportan las tuberías. (Hall 2018).

Realizar tomas de agua empíricas para abastecimiento de consumo tiene sus condiciones adversas, como por ejemplo no saber a qué presiones le está llegando el agua. Esto es una condición que puede provocar problemas en las tuberías y complementos o el contrario, puede ser que no le llegue lo suficiente y no pueda tener 2 grifos abiertos simultáneamente.

Otra condición que se puede presentar es que, al no tener una captación adecuada, las tuberías se saturan de solidos como hojas, provocando el desabastecimiento constantemente.

En primera instancia se puede observar la estrategia que utilizó el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados para la creación de la administración de las ASADA. Vílchez, Ruiz, Sancho, Bolaños, Hernández, Guevara y Esquivel crean un manual informativo “Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las Asadas” en donde señalan:

El acueducto comunal es un elemento que genera mayores índices de salud, desarrollo socioeconómico en la comunidad, mejor calidad de vida, propicia cultura ciudadana mediante la celebración de las asambleas, ya que consolida la participación de la comunidad en la toma de decisiones; favorece la equidad de género en las elecciones de las Juntas Directivas; crea mayor compromiso y sentido de pertenencia sobre el sistema, la comunidad y el territorio; forma cultura de pago, cohesión comunitaria, participación,

asociatividad, capacidad de gestión y educación para la protección de las microcuencas y del ambiente. (p.9)

Este fundamento para la creación del manual es de suma importancia, ya que la creación de un acueducto rural conlleva a la unificación de una comunidad, dándole participación ciudadana y trabajo a personas que pueden aportar y conocer el adecuado manejo de un acueducto.

En la mayoría de casos donde existe una ASADA como administradora de un acueducto, se ve la necesidad que tuvieron los pobladores por obtener el recurso hídrico y lo lograron con mucho esfuerzo; sin embargo, existe la falta de asesoramiento o guía por parte de la empresa que administra la ASADA.

En un artículo realizado por Soto, Gaviria y Pino llamado “Situación de la gestión del agua potable en las zonas rurales de la provincia de Cartago, Costa Rica” (2016) se indica:

Esta figura de administración ha funcionado gracias al esfuerzo y compromiso de los vecinos, pero conforme aumenta la densificación de la población y la cantidad de actividades productivas, los riesgos por contaminación y deterioro del recurso aumentan; además, el cambio en los patrones del clima, que provoca la variación de los regímenes de lluvia, junto con los usos inadecuados del suelo, afecta directamente la distribución del agua potable en las zonas rurales de Costa Rica, incluso se han venido reportando la disminución de los caudales en las fuentes, lo que ya está ocasionando racionamientos del servicio en los casos más extremos. Esta realidad hace necesario transformar las ASADA en organizaciones especializadas desde el punto de vista técnico. (p.75)

Como parte del asesoramiento que debe realizar el ente administrador del acueducto, en la mayoría de casos a los diseños constructivos de Acueductos no se les da un seguimiento adecuado y no se percatan del crecimiento poblacional, por lo que llega a caer en un sistema obsoleto que repercute considerablemente.

Haciendo énfasis a lo anterior se puede mencionar un trabajo realizado por una entidad gubernamental, con bases sólidas ha ido dejando de lado el seguimiento a las pequeñas administraciones de las ASADAS que inicialmente fueron creados para zonas rurales.

También se puede ratificar en la política elaborada por el Ministro de Salud Fernando Lorca (2014-2018), Ministro de Ambiente y Energía (2014-2018) y Yamileth Astorga Presidenta ejecutiva de AyA (2014/2018) llamada “Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica, 2017-2030”:

El recurso hídrico en la región es abundante, pero la falta de gestión, protección y conservación, así como de inversión en infraestructura, entre otros aspectos, ha provocado los conflictos del agua, y es común que las mismas zonas del país tengan sequías o racionamientos recurrentes, asociados a un progresivo deterioro de la calidad de los cuerpos de agua. (p.34)

Lo anterior va enfocado principalmente hacia los estudios de las cuencas y análisis de caudal, ya que se puede hacer un diseño del acueducto desde una naciente, donde por factores meteorológicos o intervención del ser humano provoquen en un lapso de tiempo problemas de desabastecimiento de la red.

Objetivo general

Analizar la viabilidad del Acueducto rural en Monserrat de Cascajal de Coronado.

Objetivos específicos

1. Comentar los estudios de viabilidad ambiental requeridos para poseer el suministro de agua potable en la comunidad de Monserrat de Cascajal de Coronado.

2. Analizar los requisitos necesarios para hacer las canalizaciones de un diseño de conducción de agua potable.
3. Dar a conocer el tipo de clima de la zona, para determinar si la cuenca es recomendable para abastecer a la comunidad.
4. Localizar geográficamente la naciente para conocer el tipo de conducción que se requiere ya sea por gravedad o por bombeo según corresponda.
5. Realizar una propuesta de canalización hidráulica requerido para suministrar el agua potable a la comunidad, con el fin de dar a conocer los principales puntos para conducción, sin mencionar detalles de diseño.

Justificación

Durante muchos años, la comunidad de Monserrat ha tenido que enfrentarse a problemas de salud, problemas económicos y sociales. Es importante mencionar que debido a que los habitantes realizan sus propios acueductos empíricos canalizados desde aguas superficiales, donde no se conoce si el recurso hídrico es apropiado para consumo humano, se han tenido que enfrentar a diversos problemas de salud por la contaminación de los ríos de los que captan agua para su consumo. A nivel económico afecta circunstancialmente, ya que, al ser una zona rural, en época seca sus micro-negocios se ven afectados, pues no reciben agua suficiente para poder realizar y vender sus productos caseros.

En temas de salud pública se indica en la ley General de Salud n°5395 en el artículo 268 publicado en La Gaceta el 30 de octubre de 1973 lo siguiente:

Todo abasto de agua potable, sin excepción, queda sujeto al control del Ministerio en cuanto a la calidad del agua que se suministre a la población y para velar porque los elementos constitutivos del sistema, su funcionamiento y estado de conservación

garanticen el suministro adecuado y seguro, pudiendo ser intervenido por el Ministerio si hubiera peligro para la salud de los habitantes. (p.73)

Con lo anterior se demuestra que el suministro del recurso hídrico es de vital importancia y que la calidad de este líquido se debe propiciar con seguridad para quien la consume.

El ser humano está constituido por más de la mitad de su cuerpo de agua, con algo tan sencillo como esto, es demostrable la importancia que tiene el preciado líquido para poder subsistir. Esto nos enseña que cualquier civilización, para poder mantenerse en pie, debe tener a su alrededor alguna fuente del recurso hídrico. Es así como se puede destacar la necesidad de tener un adecuado acueducto en las comunidades, principalmente en las zonas rurales, que, en la mayoría de casos, presentan muchas limitantes.

El análisis que se desarrollará en esta investigación ayudará a solucionar el problema de desabastecimiento y calidad del agua potable que presenta actualmente la comunidad de Monserrat, esto en el distrito de Cascajal. Este estudio también es trascendental desde el desarrollo social y económico; la comunidad actualmente está sufriendo un estancamiento social y un deterioro en el desarrollo poblacional debido a que, al existir muchos dueños de terrenos en la comunidad, sin una red de agua potable no pueden desarrollar sus proyectos constructivos ni comerciales.

Esta investigación será útil para dar a conocer a la comunidad de Monserrat y a la Asada con la que cuenta el Distrito, que por muchos años se ha tenido que enfrentar al problema de faltante de agua y que existe una solución viable y capaz de solventar todas las necesidades de la comunidad. También será capaz de demostrar por medio del análisis que si es factible tener un acueducto en la comunidad.

La idea de la investigación es, atacar estos déficits sociales por medio de un acueducto rural que cumpla con los parámetros necesarios para abastecer a toda la población de agua potable y que puedan realizar un desarrollo sustentable en la comunidad. El proyecto también demostrará la conformación de sus cuencas, hidrografía, cambio climático y topografía, debido a que se requiere para un diseño de conducción del recurso hídrico.

Proyecciones

Alcances

- La zona de análisis comprende el territorio de Monserrat delimitado de la siguiente manera:

Al Sur hasta el río Cascajal, comprendiendo propiedades a orilla de calle.

Al Norte se comprende 1 km después de la zona denominada el Tronco.

Al este se comprende desde la toma de la naciente y sus alrededores comprendiendo un radio de 200 metros.

Al Norte se comprende 1 km de radio desde orilla de calle.

- Se utilizarán los últimos datos actualizados del INEC realizados en el Censo comprendido entre mayo y junio del año 2011 para efectos del diseño.
- El análisis de factibilidad inicia desde el muestro de la naciente y el aforo correspondiente, esto para conocer el caudal con el que se iniciará, y además definir si el recurso hídrico es apto para consumo humano.

- Se comprenderá las elevaciones topográficas por medio de programas satelitales, como *ArcGis*, *Global Mapper* y *Google Earth*, para analizar las presiones que puede suministrar el acueducto.
- Se mencionará los estudios requeridos para poder hacer la dotación y su respectivo proceso para que la población conozca los pasos a seguir en la elaboración del proyecto.

Limitaciones

- No se realizaron los estudios fisicoquímicos completos, esto debido al costo elevado, solo se realizaron los bacteriológicos y químicos.
- Debido al tiempo de inicio de proyecto, que no es en condición crítica, se realizará los aforos más seguidos dentro del cauce para determinar un promedio de dotación más exacto.
- No se comprenderá los estudios de suelos para determinar la capacidad soportante del suelo donde se ubicará los respectivos tanques de almacenamiento o de quiebra gradientes, ni se profundizará en el diseño estructural del mismo debido a la falta de recursos.
- No se incluirá el presupuesto de la obra ya que se limitará solo a analizar el suministro de agua potable por medio de una propuesta de diseño, donde se incluirá solo la canalización de la conducción y distribución.

Capítulo II

Marco teórico

Conceptos generales

Tomado de La Gaceta 170, Decreto 38924-S, Reglamento para la calidad del agua potable (2015)

- a) Agua potable: agua tratada que cumple con las disposiciones de valores máximos admisibles estéticos, organolépticos, físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos, establecidos en el presente reglamento y que al ser consumida por la población no causa daño a la salud. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- b) Agua subterránea: la que se origina de la infiltración a través de formaciones de una o más capas subterráneas de rocas o de otros estratos geológicos, que tienen la suficiente permeabilidad para permitir un almacenamiento y flujo significativo aprovechable sosteniblemente para su extracción. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- c) Agua superficial: la que se origina a partir de precipitaciones atmosféricas, afloramientos de aguas subterráneas que discurren superficialmente (ríos, lagos, quebradas). (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- d) Agua tratada: agua subterránea o superficial cuya calidad ha sido modificada por medio de procesos de tratamiento, que incluyen como mínimo a la desinfección en el caso de aguas de origen subterráneo. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- e) Autoridad competente: Ministerio de Salud. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- f) Control de calidad del agua potable: evaluación continua y sistemática de la calidad del agua desde la fuente, planta de tratamiento, sistemas de almacenamiento y distribución, según el programa respectivo que deben ejecutar los organismos operadores a fin de cumplir las normas de calidad. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- g) Control del área de influencia de las fuentes de abastecimiento: combinación de medidas a ejecutar para proteger las fuentes de agua y el área de drenaje (cuenca, sub-cuenca y microcuenca) y zona de recarga que incluye el monitoreo permanente y sistemático de los usos del suelo. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)

- h) Control Operativo: se refiere al control que lleva a cabo el ente operador, con la finalidad de monitorear permanente y sistemáticamente la calidad del abastecimiento de agua, a fin de tomar acciones correctivas inmediatas en la operación del acueducto, si lo amerita. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- i) DARS: Dirección de Área Rectora de Salud. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- j) Desinfección del agua: proceso fisicoquímico unitario cuyo objetivo es garantizar la inactivación o destrucción de los agentes patógenos en el agua a utilizar para consumo humano. El proceso químico de la desinfección no corresponde a una esterilización. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- k) Entes operadores: personas físicas y jurídicas encargadas de la operación, mantenimiento y administración de sistemas de suministro de agua potable. Incluye actividades comerciales, industriales, recreativas, agropecuarias, que operen sistemas propios de suministro de agua potable en sus instalaciones. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- l) Entes operadores públicos: incluye los sistemas de suministro de agua operados por las municipalidades, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y las Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales (ASADAS) u otras entidades estatales. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- m) Fuente de abastecimiento: espacio natural desde el cual se derivan los caudales demandados por la población a ser abastecida, deben ser básicamente permanentes y suficientes. Pueden ser superficiales (ríos, lagos, canales, mares) y subterráneas (manantiales, nacientes, pozos); suministrando el agua por gravedad o por bombeo. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- n) Grifo o llave de chorro: Dispositivo generalmente de metal con alguna aleación de polímeros, de materiales cerámicos o de poli cloruro de vinil (PVC), usado para dar paso al flujo de agua por una tubería. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- o) Inspección sanitaria: visitas como componente de la vigilancia de la calidad del agua potable para la aplicación de las Guías de Inspección SERSA, que permitan revisar el estado de las diferentes estructuras (captaciones, conducciones, almacenamiento, distribución), de un sistema de abastecimiento de agua potable y del entorno inmediato a las captaciones, para identificar los riesgos que puedan afectar su calidad. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)

- p) Línea base de calidad: análisis realizado en fuentes y en la red de distribución de los parámetros físico químicos, contenidos en los niveles N2 y N3 del reglamento, en todos los sistemas de abastecimiento del país, en un momento determinado. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- q) Líneas de conducción: tuberías usadas para transportar el agua desde la fuente de abastecimiento, hasta el tanque de almacenamiento o a la planta de tratamiento. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- r) Muestra de agua: porción de agua que se recolecta de tal manera que resulte representativa de un volumen mayor de líquido. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- s) OMS: Organización Mundial de la Salud. (Ministerio de Salud, 2015, p.2)
- t) Orden Sanitaria: acto administrativo mediante el cual el Ministerio de Salud hace del conocimiento de la persona interesada, de una resolución o disposición particular o especial en resguardo de la salud y el ambiente, la cual es de acatamiento obligatorio y debe ser ejecutada en el plazo que se indique. Con la emisión de una orden sanitaria, el Ministerio de Salud da inicio al debido proceso a que tiene derecho la persona interesada. (Ministerio de Salud, 2015, p.2, p.3)
- u) Peligro: es un agente biológico, químico, físico, o radiológico, con capacidad para producir daños a la salud. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)
- v) Plan de Seguridad del Agua (PSA): según lo describe las guías vigentes de la OMS, el PSA es un plan (o varios planes) documentados, que identifican posibles riesgos desde el área de influencia de la captación hasta el consumidor, los precisa, prioriza e implementa medidas de control para su mitigación; así como los riesgos de la gestión de la provisión del servicio. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)
- w) Planta de tratamiento de agua: conjunto de estructuras y/o dispositivos, destinados a dotar el agua de la fuente de la calidad necesaria para el consumo humano, es decir potabilizarla a través de diferentes procesos como: mezcla rápida, floculación, sedimentación, filtración, desinfección. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)
- x) Programa Control de Calidad del Agua: plan elaborado por los entes operadores que documenta el procedimiento para la evaluación del sistema de suministro de agua y los programas de monitoreo, incluyendo los análisis del control de calidad del agua potable.

Describe las medidas que adoptarán en aquellos casos cuando se produzcan eventos que afecten el sistema. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

y) PSF: Permiso Sanitario de Funcionamiento. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

z) Red de distribución: conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde los tanques de almacenamiento hasta las tomas domiciliarias. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

aa) Re-desinfección del agua potable: aplicación de un desinfectante al agua en uno o varios puntos del sistema de suministro de agua tales como: tanque de almacenamiento, red de distribución y estación de bombeo, después de un tratamiento previo con el desinfectante para cumplir con los valores establecidos en el cuadro 1 del Anexo1 del presente decreto. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

bb) Riesgo: probabilidad de que los peligros identificados, ocasionen daños a la población expuesta en un plazo temporal especificado, incluida la magnitud del daño y sus consecuencias. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

cc) SERSA: Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

dd) Sistema de suministro de agua: sistema formado por obras accesorias, tales como la fuente de abastecimiento, líneas de conducción, planta de tratamiento, tanques de almacenamiento, red de distribución (tuberías o conductos) cuyo objetivo es captar, conducir, tratar y distribuir el agua aprovechando la gravedad, o la utilización de energía para su correspondiente bombeo, con la finalidad de proporcionar agua a la población. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

ee) Tanque de almacenamiento: estructura de concreto, metálica o de otro tipo cuya función principal es almacenar agua y compensar las variaciones de caudal de entrada y el consumo a lo largo del día además de mantener presiones de servicio adecuadas en la red de distribución. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

ff) Valor Alerta (VA): corresponde aquella concentración de sustancias químicas que implica un riesgo mínimo o aceptable para la salud de los consumidores y que es utilizado por el ente operador y por el Ministerio de Salud antes de que exceda el Valor Máximo Admisible. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

gg) Valor Máximo Admisible (VMA): concentración de sustancia o densidad de bacterias, a partir de la cual existe rechazo del agua por parte de los consumidores o surge un riesgo inaceptable para la salud. El sobrepasar estos valores indicados en las tablas contenidas en el Anexo 1 del presente reglamento, implica la toma de acciones correctivas inmediatas. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

hh) Vigilancia de la calidad del agua potable: evaluación permanente desde el punto de vista de salud pública, efectuada por el Ministerio de Salud, sobre los entes operadores, a fin de garantizar la seguridad, inocuidad y aceptabilidad del suministro de agua potable desde el área de influencia de la fuente hasta el sistema de distribución. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

ii) Vulnerabilidad: condición intrínseca de ser impactado por un suceso a causa de un conjunto de condiciones y procesos físicos y ambientales. Se determina por el grado de exposición y fragilidad de los sistemas susceptibles de ser afectados por un desastre natural o actividad humana. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

jj) Zona de Abastecimiento: área geográfica del sistema en la que se ubica la fuente, el almacenamiento y la red de distribución. (Ministerio de Salud, 2015, p.3)

Climatología.

En la mayoría de zonas rurales de Costa Rica predomina la agricultura como una fuente dominante de ingresos para los habitantes, esto significa que los factores como tipo de suelo, temperatura, humedad, lluvias que son necesarios para que haya crecimiento de sus productos agrícolas abundan en el lugar y así puedan comercializar sus productos para poder subsistir.

En una publicación realizada por el Ministerio de Ambiente y Energía y Telecomunicación en conjunto con el Comité Regional de Recursos Hidráulicos en el 2008 se señala:

Régimen Pacífico

Se caracteriza por poseer una época seca y una lluvia bien definida. La seca se extiende de diciembre hasta marzo. Abril es un mes de transición. El mes más seco y cálido es marzo. El inicio depende de la ubicación latitudinal. Comienza primero en el noroeste de

la vertiente y de último en el sureste. Lo contrario sucede con el inicio de la época lluviosa. Este período va de mayo hasta octubre, siendo noviembre un mes de transición. Presenta una disminución relativa de la cantidad de lluvia durante los meses de julio y agosto (veranillo o canícula) cuando se intensifica la fuerza del viento Alisios. Los meses más lluviosos son setiembre y octubre debido principalmente a la influencia de los sistemas ciclónicos. (p.9)

Régimen Caribe

El régimen de esta vertiente no presenta una estación seca definida pues las lluvias se mantienen entre los 100 y 200 mm en los meses menos lluviosos, lo cual es una cantidad de lluvia considerable. En las zonas costeras se presentan dos períodos relativamente secos. El primero entre febrero y marzo y el segundo entre setiembre y octubre. El primer período seco está en fase con el período seco de la vertiente pacífica, sin embargo, el segundo período coincide con los meses más lluviosos de dicha vertiente. Se presentan dos períodos lluviosos intercalados entre los secos. El primero va de noviembre a enero y es el período máximo de lluvias. El segundo se extiende de mayo a agosto y se caracteriza por un máximo en julio que coincide con el veranillo del Pacífico. El mes más lluvioso es diciembre. (Manso et al., 2005, p.9)

De lo anterior podemos denotar las 7 regiones climáticas que conocemos en Costa Rica y es importante conocer sus límites, ya que los regímenes Pacífico y Caribe son separados por las tierras más altas del territorio nacional. Las regiones climáticas son:

- 1- Pacífico Norte.
- 2- Pacífico central.
- 3- Pacífico sur.
- 4- Región Central.
- 5- Zona Norte.
- 6- Región Caribe Norte.
- 7- Región Caribe Sur.

La investigación de este proyecto está ubicada en la región central por lo que será la región en que se enfocará. En la región central se encuentra preservado por bosque tropical húmedo, limitando con la Cordillera Volcánica Central, donde sus picos montañosos son los principales parques de reserva y de atracción turística.

Tabla 1. Tipos de Regiones

Subregiones	Tipo de clima	Ubicación geográfica
VC1	*De sequía	*En el sector de Atenas
	** De meseta Central	**En el resto de la subregión
VC2	De meseta central	En toda la Subregión
VC3	*Seco de altura	*Al norte de Heredia (Monte la Cruz, Sta. Barbará) al norte de Alajuela (Frajanes, Bajos del Toro).
	**Lluvioso de altura	**Al noreste de Heredia (Coronado, parte de Rancho Redondo. Alrededores de Pacayas, Oreamuno, Tierra Blanca.

Fuente: tomado de Coen, 1967; Solano, 1996

Las temperaturas rondan los 22°C y se promedia una precipitación anual de 2300mm. Un dato importante de la región central es que al existir picos altos, tienen escorrentía, formando las principales cuencas del país, de donde se toma la mayor demanda de agua potable incluso formando las principales represas eléctricas del Valle Central.

La región central se divide en Valle Occidental y Valle Oriental. El primero se encuentra alrededor de los 1100 m.s.n.m, mientras que el Valle Oriental se encuentra entre los 1300 m.s.n.m, esto es un factor importante ya que la temperatura va acorde con la altura.

Hidrología

Para la elaboración de este proyecto, la hidrología forma una parte interesante ya que comprende la función y adquisición de las fuentes de agua que se utilizan para abastecimiento de agua potable. Al respecto se refiere Porras (2015):

Un sistema hidrológico es una representación simplificada de los fenómenos y procesos hidrológicos. El ciclo hidrológico es el conjunto de componentes (agua atmosférica, agua superficial, agua subterránea) y los procesos (evaporación, precipitación, escorrentía superficial, infiltración) que representan el movimiento del agua en la hidrosfera. Porras, 2015 (citado por Hall, 2018, p. 19)

La hidrología comprende varias ciencias y profesiones que conllevan a estudiar el comportamiento del agua, llámese precipitación, o lluvia y determinar el recorrido. Dentro de estas ciencias podemos encontrar la topografía como principal factor, ya que éste determina hacia donde recorre el agua y si la zona es muy ondulada o inclinada, inclusive se determinan las distancias desde el punto más alto hasta el cauce. Con los resultados obtenidos se pueden determinar la infiltración con la que cuenta el terreno y estudiar el tipo de suelo, este enlaza la otra ciencia que es la geología, dando los resultados del suelo.

También es importante recalcar que en los suelos montañosos es muy común encontrar mantos acuíferos, ya que por las condiciones de los bosques en ciertos lugares planos se dan con mayor facilidad la infiltración y la saturación de los suelos provocando estas lagunas subterráneas.

Para el tema de investigación es muy importante conocer la cuenca a estudiar, ya que es el principio para desarrollar el proyecto de captación de agua para consumo humano.

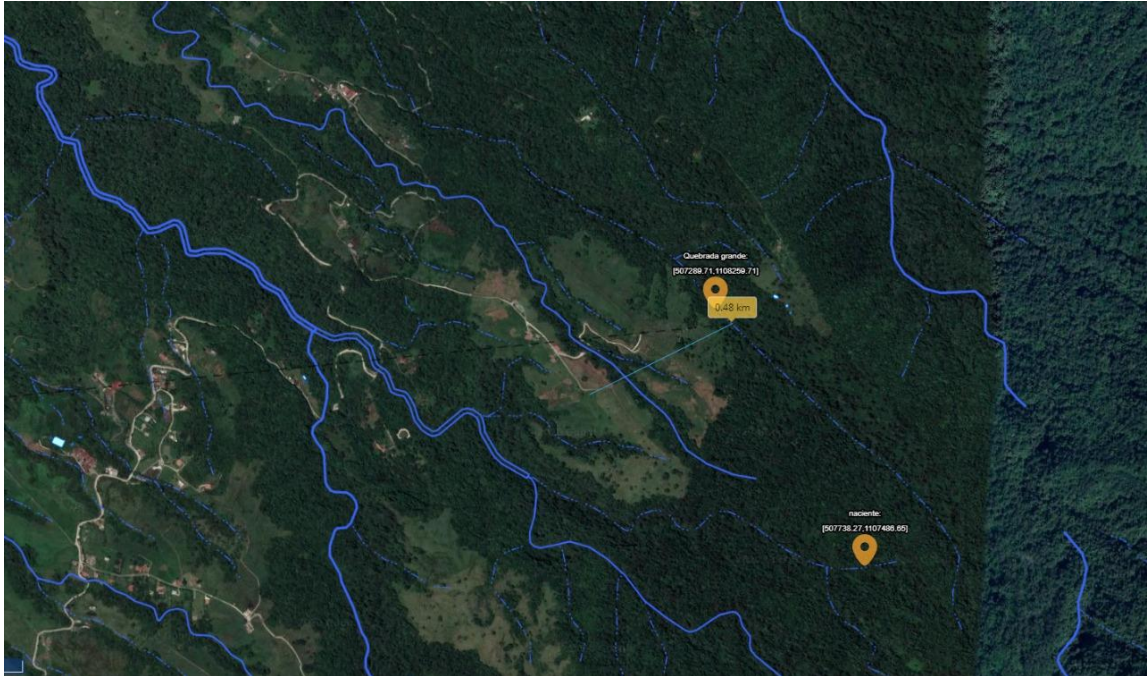


Figura 1. Ubicación de posibles fuentes de agua

Para la elaboración de este proyecto se considera realizar los estudios de aguas superficiales a una de las fuentes llamada Quebrada Grande y la otra es una naciente. Para esto es importante mencionar algunas ventajas y desventajas que presenta este sistema de captación.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de aguas superficiales

Ventajas	Desventajas
Se puede disponer de agua prácticamente todos los días del año	Se debe conocer el cauce aguas arriba, por si hay contaminación.
Se puede manejar por gravedad hasta el reservorio, sin necesidad de bombeo.	La ejecución de represa y canalización es costosa.

Fuente: elaboración propia

Protección de Quebradas y Ríos

En la elaboración de cualquier proyecto en el que se vea intervenido el medio ambiente, es importante revisar las condiciones en que se puede ver afectado el proyecto y el impacto que esto pueda generar principalmente al medio ambiente.

En la zona de Monserrat, sabiendo que no es fuertemente desarrollado constructivamente y su principal atracción es el turismo, no deja de ser una inquietud lo que pueda llegar a ocurrir si en la zona existe una disponibilidad de agua dejando abierto la construcción ya sea habitacional o comercial.

El suministro de agua potable en una comunidad es algo considerado esencial, pero, así como se conserva la necesidad, puede dar un giro inesperado en el momento que se tenga el abastecimiento. Muchas de las personas que en estos momentos cuentan con un terreno en la localidad, esperan la oportunidad de poder construir sus cabañas y centros turísticos y así generar un ingreso.

Por otra parte, en las zonas rurales es muy dado que los habitantes que tienen mucho tiempo de vivir en la zona no estén de acuerdo en que la comunidad se desarrolle, ya que el contar con un lugar protegido y zona verde con la cual muchas personas no cuentan, lo quieren conservar de esa manera, pero no se ven la necesidad o inquietud que tienen las demás personas.

Dado que se dan las 2 contrapartes anteriores, se puede analizar la protección que se puede generar, conservando el medio ambiente y logrando un desarrollo sostenible en la comunidad. Para esto es importante conocer las políticas, leyes y reglamentos que respaldan los proyectos que son una necesidad, pero a la vez son de mucho cuidado y que se pueden llamar socio-ambientales.

La política nacional de áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes (2020-2040) al respecto menciona parte de esta situación, en donde existe la problemática actual, que es que principalmente los habitantes de zonas rurales no tienen una regulación de los servicios, en este caso el suministro de agua potable. En esta política se mencionan los problemas más recurrentes que son:

Tabla 3. Principales problemas de abastecimiento de agua potable

Problema	Descripción
Falta de adecuada planificación urbana y territorial aunado a una falta de asignación de fondos económicos que permitan financiar proyectos de recuperación, rehabilitación, resguardo y gestión de Áreas de Protección.	Irrespeto histórico a la Ley de Planificación Urbana. No. 4240 del año 1968. No existencia de planes reguladores o planes reguladores desactualizados en la mayoría de los cantones. Dificultad para aplicar efectivamente el Plan Regional de Ordenamiento Territorial de la Gran Área Metropolitana, PLAN GAM-2013-2030. Poca asignación de recursos para atender las áreas de protección estatales y de incentivos para el cumplimiento por parte de privados.
Falta de información base que permita conocer la ubicación y dimensiones de los retiros de Áreas de Protección.	Inexistencia de base de datos completas y de fácil acceso, con información sobre la ubicación de la red hídrica, las nacientes (captadas y sin captar) y sus áreas de protección, por tanto, no se conoce el hectareaje total de terrenos sometidos a este régimen de protección.

Marco normativo no contempla la adecuada integración de las acciones para la gestión y resguardo de las Áreas de Protección en propiedad privada.

Falta de incentivos y estrategias asertivas de abordaje para el fomento de la rehabilitación, gestión y resguardo de las Áreas de Protección

Falta de vinculación entre la política ambiental, la política social y la política de gestión de riesgos y atención de emergencias. Además de falta de articulación entre los actores de estas políticas.

Múltiples competencias institucionales vinculadas que dificultan la coordinación.

No existen estrategias puntuales para abordar el tema de las Áreas de Protección en propiedad privada y su incidencia sobre recursos y espacios de carácter público, como lo es el cauce de ríos y el agua proveniente de las nacientes.

Falta y/o insuficiencia de incentivos para apreciar y valorizar las Áreas de Protección, tanto en propiedades públicas como privadas.

Para recuperar las de Áreas de Protección invadidas, así como para evitar futuras invasiones, se requiere un abordaje no solo socio-ambiental y económico, sino la visión de gestión de riesgos y atención de emergencias, manejando escenarios de cambio climático y medidas adaptativas. Producto del inadecuado estado de las Áreas de Protección, ha habido un aumento de inundaciones urbanas, nuevos deslizamientos, nuevos sectores en estado de vulnerabilidad, y su relación con las crecidas de los ríos y el desbalance hídrico mencionado previamente.

INVU es responsable de definir los alineamientos, SINAC de la protección de los recursos hídricos y forestales, las Municipalidades de la planificación del territorio, Dirección de Aguas de MINAE es competente sobre el cauce y la identificación de naciente, el AyA, las Asadas y otros operadores de servicios de agua potable, sobre las nacientes captadas para este fin. Aunado a ello, existen otras competencias, como las del MOPT sobre la

Ausencia de estrategia de educación ambiental, fortalecimiento de capacidades y comunicación específica sobre Áreas de Protección.

Falta de investigación e innovación para la incorporación de la variable de Cambio Climático en las intervenciones para la recuperación, rehabilitación y resguardo de las Áreas de Protección.

construcción de puentes y otras obras de infraestructura asociadas a los ríos, la CNE sobre lo relacionado con emergencias, entre otras.

Vinculada a la importancia de las áreas de protección y sus ecosistemas asociados, así como al marco legal aplicable y a las competencias institucionales.

Inexistencia de estrategias y políticas que permitan articular las diferentes oportunidades de cooperación, investigación e innovación, necesarias para acoger medidas de adaptación al Cambio Climático. Además de una carencia de material vegetativo adecuado para poder cumplir correctamente los procesos de rehabilitación ecológica.

Fuente: Política nacional de áreas de protección de ríos, quebradas, arroyos y nacientes (2020-2040 (p. 24)

Con lo anterior, vemos como entre los mismos entes institucionales que rigen las áreas de conservación surgen problemas de control para manejar este tema de protección al medio ambiente.

Concesión de agua.

El adquirir una concesión de agua potable para la comunidad de Monserrat es complejo, esto porque al estar en una zona protegida se debe conservar el agua potable y estar seguros que la afectación al medio ambiente es mínima.

Para tal fin existe la Ley de Aguas N^a 276 donde se explica lo referente a la adquisición de una concesión de aguas, principalmente para consumo humano, ya sea pública o privada.

En el caso de este proyecto se considera público, ya que el ente que estará a cargo de la elaboración es la ASADA de Cascajal amparada por los lineamientos del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

En el caso del proyecto de abastecer la zona de Monserrat, es importante solicitar a la Municipalidad la colaboración para determinar territorialmente la toma que se está estudiando, ya que se debe realizar un área de protección de franja de 50m como lo indica la Ley Forestal en el siguiente artículo:

Artículo 33. Se declaran áreas de protección las siguientes:

b) Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado. para esto la Municipalidad debe dar a conocer la afectación que puede tener las propiedades cercanas a la toma de aguas. (p.13)

Dando la continuidad a la protección de los ríos y quebradas, en la Ley de Aguas en el artículo 31 se hace referencia a la reserva que se le tiene que dar y que es dominio de la nación, principalmente a la captación y tomas surtidoras de agua potable indica:

Artículo 31. Se declaran como reserva de dominio a favor de la nación:

- a) Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable, en un perímetro no menor de doscientos metros de radio;
- b) La zona forestal que protege o debe proteger el conjunto de terrenos en que se produce la infiltración de aguas potables, así como el de los que dan asiento a cuencas hidrográficas y márgenes de depósito, fuentes surtidoras o curso permanente de las mismas aguas.

Para tener un suministro de agua potable se hace valer también la Ley Orgánica Ambiental N°7554 que en el artículo 50 se refiere al Dominio público del agua y menciona:

El agua es de Dominio público, su conservación y uso sostenible son de interés social.
(art.50)

Lo principal que se debe tomar en cuenta para realizar la concesión es tener bien definido donde se realizará la toma de la fuente y además identificar las fincas que serán afectadas, lo anterior es porque de no ser así, no se conocería la principal afectación que se puede presentar.

Para tener un mejor concepto panorámico de la protección que se debe respetar en los márgenes de quebradas o nacientes en la elaboración de este proyecto, se presenta la siguiente imagen:

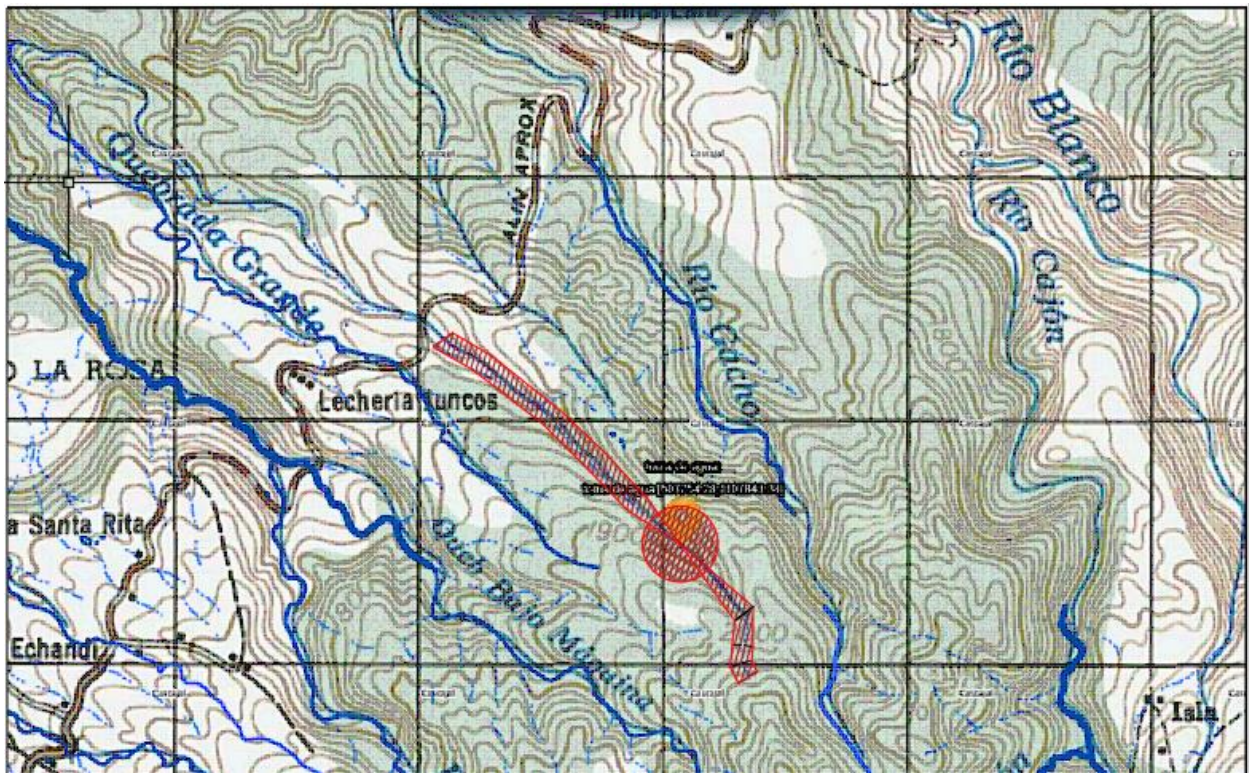


Figura 2. Satelital Visor Snit. Protección a la toma de agua.

Topografía

Actualmente en el distrito de Cascajal existe una ASADA que es la que administra el suministro de agua para consumo humano principalmente en la zona alta. Territorialmente, Cascajal es uno de los distritos más grandes del Cantón de Vázquez de Coronado; sin embargo, poblacionalmente, de los 5 distritos que conforman el Cantón es el menos poblado. Al ser así, se puede determinar a

simple vista que el desarrollar un proyecto de acueducto en la zona conlleva un costo elevado, principalmente porque la mayoría de los habitantes que conforman el distrito viven distantes, además la mayor parte del sector es agrícola.

Para tener un panorama más claro, a continuación, se muestra una imagen dividida por distritos:

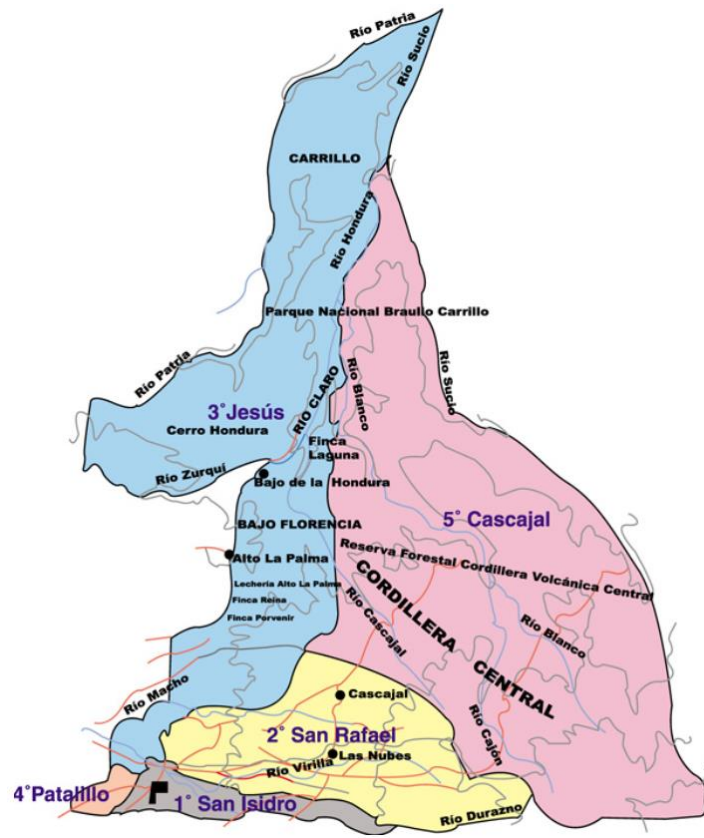


Figura 3. Distribución del Cantón Vázquez de Coronado (www.coromuni.go.cr)

El plan regulador del Cantón de Vázquez de Coronado es otro influyente en la categorización de la zona norte del distrito principalmente en Monserrat, esto porque al estar categorizado como zona de cautela ecológica dentro de la reserva forestal Cordillera Volcánica Central y estar en colindancia con el Braulio Carrillo y la Cordillera Volcánica Central, se hace muy difícil el adquirir propiedades o segregar las fincas. Lo permitido son 15 hectáreas por finca, esto lo hace aún más, una zona donde los vecinos son muy separados uno del otro lo que conlleva a ser un territorio muy

amplio y teniendo un posible proyecto de diseño para el acueducto de costo elevado por los tramos tan extensos para abastecer el territorio de agua potable.

La zona de Monserrat, en el plan regulador, es catalogada como zona de cautela ecológica:

Está ubicada entre los Parques Nacionales y la Zona Agropecuaria y corresponde a la Reserva Forestal de la Cordillera Volcánica Central comprendida entre los límites cantonales. Sus límites son: los Parques Nacionales, los límites adyacentes del cantón referidos a las coordenadas geográficas levantadas por el Instituto Geográfico Nacional en los Decretos Ejecutivos No. 4961-A y No. 5386-A y sus modificaciones.

El propósito de regular esta Zona es evitar el uso intenso, dada su condición de lejanía, fuerte pendiente y la presencia de vida silvestre y ecosistemas no cautelados como Parque Nacional.

Se permite el uso agropecuario y de apoyo a la actividad agropecuaria, bajo las limitaciones que establezcan la Municipalidad Vázquez de Coronado, en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE).

Dentro de los usos condicionales están

- Vivienda (dos por finca)
- Extracción de maderas plantadas y naturales bajo los lineamientos que establezca el MINAE.
- Hoteles (Máximo de 12 habitaciones)
- Clubes campestres, sin vivienda permanente.
- Centros Educativos.

Es requerimiento de la propiedad contar con:

- Área mínima de finca 15 Hectáreas
- Cobertura máxima del 1%
- Retiros de 20 m
- Frente mínimo de 50m por cada lado. (Tomado del Plan Regulador del Cantón Vázquez de Coronado, abril 1998, p.16)

Captación de agua potable

Las captaciones de agua potable son estructuras de concreto que se hacen en aguas superficiales o nacientes para poder canalizarla por tuberías y abastecer una cantidad de persona.

Según el reglamento de Normas Técnicas y procedimientos para el mantenimiento preventivo de los sistemas de abastecimiento de agua existen 2 tipos:

Las tomas de fondo son estructuras que se extienden transversalmente en una sección del río, generalmente consisten en represas con un canal recolector en su parte superior, el cual tiene una rejilla de metal dimensionada apropiadamente para el paso del agua. Las tomas laterales consisten en una caja de captación ubicada en la margen del río, con rejilla de metal colocada verticalmente. En algunas ocasiones las tomas laterales cuentan con una estructura dentro del cauce del río que permite direccionar el flujo para su captación. (Mayo, 2009, p. 9)

Estudios químicos del agua

Para la elaboración de este proyecto es fundamental conocer la zona que puede presentar la mayor cantidad y calidad de agua.

Al ser una zona alta y montañosa se puede decir que el agua es muy limpia y no presenta riesgo para el ser humano; sin embargo, se debe contemplar realizar los estudios, ya que se desconoce qué puede existir aguas arriba del cauce de la naciente, tomando las medidas del caso se busca otra alternativa cercana como segunda opción por si los análisis de resultados no llegan a ser factibles.

La realización de estos análisis consiste en tomar una muestra de agua en envases estériles. Deben mantenerse en una condición fría hasta llevarla al laboratorio designado para tal fin. No se puede tardar más de 8 horas en presentar esta prueba después de ser tomada, ya que los datos podrían salir alterados. Las pruebas que se le realizarán a las muestras serán solo físico químicas.

Asada

En el Distrito de Cascajal actualmente existe una ASADA que es la que abastece principalmente la zona alta del Distrito. La ASADA fue constituida aproximadamente hace 30 años y empezaron con la conducción de la toma hasta un tanque donde abastecía en aquel entonces a la población. Si se analiza el acueducto de ASADA, se puede decir que su sistema ya cumplió su vida útil, esto con base en la Norma Técnica para Diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (2017) que indica:

4.2.4 Tanque de almacenamiento

Para los tanques el periodo es de 25 años, cuando los proyectos no son de desarrollo urbanístico, se debe dejar previsto en el terreno el espacio para construir otro tanque de dimensiones similares.

Los tanques se pueden diseñar por etapas cuando el volumen es mayor a 2000m³.

4.2.5 Tubería de conducción

Para las líneas de tuberías de conducción de agua tratada, el periodo es de 25 años.

4.2.6 Tubería de distribución.

Para líneas de distribución el periodo es de 20 años.

4.2.7 Estaciones de Bombeo.

Para estaciones de bombeo el periodo es de 20 años.

Para bombas y motores el periodo es de 10 a 15 años.

Para equipos de desinfección el periodo es de 5 años.

La ASADA de Cascajal actualmente presenta ciertas deficiencias y se le hace muy difícil abarcar todas las necesidades de la población. Actualmente el crecimiento poblacional ha ido en aumento considerable, esto porque la mayoría de personas están buscando salir de la ciudad y buscan este tipo de zonas montañosas para vivir, esto aún vuelve el sistema del acueducto muy limitado.

Sin embargo, a pesar de las limitantes económicas y estructurales con las que cuenta la ASADA de Cascajal, la junta directiva procura siempre mantener el acueducto comunal tradicional y procurando llevar agua potable de calidad a todo el sector.



Figura 4. Tanque de almacenamiento ASADA de Cascajal



Figura 5. Desarenadores ASADA de Cascajal



Figura 6. Tanque de salida ASADA de Cascajal



Figura 7. Sistema de cloración

El Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, al ser el ente regulador de las Asadas, crea un protocolo para aquellas Asadas que, una vez constituidas y en operación, requieran de ampliar y abarcar más área de operación, como también fusionar varias Asadas.

Para tal fin se constituye la Organización Regional de Acueductos Comunales (ORAC) que será el regulador y el que aprobará la integración o fusión según se indica en el Protocolo de Integración o fusión de ASADAS.

La valoración se realiza en conjunto con el equipo de trabajo de la ORAC, para el caso específico de la Asada intervenida, se requiere la asignación de un profesional de la ORAC,

responsable de la ejecución, así como del seguimiento, continuidad y vinculación con otras acciones. (Lizano et al., 2017, p.6)

También se debe considerar la situación por la cual no se podría construir una Asada en Monserrat tal como se indica en la política de Asadas.

En su informe N° DFOE-AE-IF-07-2013 del 30 de agosto de 2013, la Contraloría General de la República ha señalado lo inconveniente que resulta el alto grado de concentración de Asadas por distrito (14 distritos con 16 Asadas operando). A esto se suma el hecho de que una gran cantidad de estas organizaciones comunales cuentan con menos de 100 servicios, lo cual no permite la sostenibilidad financiera requerida para garantizar la prestación de los servicios en términos de calidad, cantidad y continuidad. (Astorga et al., 2015, p. 61)

Dado lo anterior, se considera como uno de los criterios, la cantidad de servicios que tiene cada Asada, así como también es de considerar su ampliación territorial que también se indica en la política de Asadas: “Antes de crear una nueva ASADA, AyA valora la existencia de otra ASADA o de un sistema operado por AyA en sus cercanías (2 km) que pueda asumir la administración de sistemas nuevos que se construyan, sin limitar que se consideren otros criterios técnicos.” (Astorga et al., 2015, p. 63), es determinante valorar la opción de que la Asada existente en Cascajal sea la que formule y solicite la ampliación de la Asada para que administre el Acueducto de Monserrat, aún más, porque la comunidad de Monserrat es perteneciente al distrito de Cascajal.

Dotación

La dotación comprende la cantidad de litros por persona por día (l/p/d) que puede consumir cada usuario del servicio. Según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (2017). Existen 4 tipos de poblaciones:

- Poblaciones rurales: 200 l/p/d.
- Poblaciones Urbanas: 300 l/p/d.
- Poblaciones costeras: 375 l/p/d.
- Área metropolitana: 375l/p/d.

En el caso de este proyecto se tomará el tipo de población rural. Dentro de las consideraciones que se deben de tomar, está el de conocer la información necesaria dada en el último censo poblacional realizado en el 2011, esto porque para desarrollar los cálculos de la dotación es importante conocer los índices de crecimiento del Distrito y así poder dar los resultados. De no conocer estos datos, se consideran 5 habitantes por vivienda unifamiliar en acueductos urbanos y 6 habitantes por vivienda unifamiliar en zonas rurales. (Acueductos y Alcantarillados 2001 citado por Hall 2018).

Para la demanda máxima existen factores, como el periodo de diseño, que significa la vida útil que se le dará al diseño del acueducto. En este caso como se realizará la toma en aguas superficiales, se considera una vida útil de 25 años, lo anterior basado en el punto 4.2.1 Obras de captación y toma de la Norma Técnica para Diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (2017).

Para realizar el cálculo del caudal de diseño se procede con la aplicación de las siguientes fórmulas:

$$\text{Caudal Promedio Diario QPD (l/s)} = \frac{\text{Dotacion bruta} \times \text{Poblacion Proyectada}}{86.400}$$

$$\text{Caudal máximo Diario QMD (l/s)} = \text{FMD} \times \text{Caudal Promedio Diario}$$

El caudal máximo diario será 1.2 veces el caudal promedio diario:

$$\text{Factor máximo Diario FMD} \sim 1.2$$

El caudal máximo horario será igual a 1.8 veces el caudal máximo diario:

$$\text{Caudal máximo horario QMH (l/s)} = \text{FMH} \times \text{Caudal Promedio Diario}$$

$$\text{Factor máximo Horario FMH} \sim 1.80$$

Aforos

El aforo es el sistema utilizado para medir el caudal, que se expresa en volumen entre el tiempo. Sabiendo que el caudal es la cantidad de agua en litros que pasa por un determinado punto en cierto tiempo, se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q = \frac{\text{volumen (l)}}{\text{tiempo (s)}}$$

Tipos de aforos.

a) Aforos directos.

Se miden con un aparato o por procedimiento directamente en el caudal.

Método volumétrico.

Consiste en determinar el tiempo en que fluye un determinado volumen de agua. Para realizar este método se requiere contar con los siguientes instrumentos:

- Cronometro.
- Estanque o recipiente con un volumen determinado.
- Tubo o conducción por donde pasará el líquido.

b) Aforos indirectos.

Se mide el nivel de agua en un cauce y a partir de ahí se estima el caudal.

Método del flotador.

Se debe de medir el ancho del cauce en metros y se multiplica por la profundidad del cauce, al estar las 2 medidas en metros, el resultado quedará en m². Luego se saca el tiempo que dura el flotador en recorrer la sección. Para este método existe factores de corrección según las características de la pared que son:

Lisa 0.80.

Rugosa 0.75.

Irregular 0.70.

Para obtener el resultado del caudal por este método se aplica la siguiente formula:

$$\left(\frac{\text{longitud}}{\text{tiempo}} \times \text{factor de correccion} \right) \times \text{area de la seccion}$$

Método del molinete.

Para utilizar este método se requiere medir la velocidad de la corriente en varios puntos de la mismo vertical y en varias verticales de la sección del cauce.

Para utilizar este método debemos ver a que profundidad esta cada intervalo y si es mayor a 1 metro se debe tomar 2 lecturas que van a estar al 20% y 80% de la profundidad.

Aforos químicos.

Este método consiste en añadir una disolución de concentración como el dicromato de sodio como colorante al cauce y medir el tiempo de recorrido. Para este método se requiere verter el caudal constante de 0.4l/s con una concentración de 30g/l y en la muestra recogida aguas abajo se registra una concentración de 3.1mg/l. La concentración previa en el río de la sustancia vertida es de 0.5mg/l.

Aforos de vertedero.

Son aberturas practicadas en la red de un recipiente o una compuerta colocada de tal forma que se interpone al paso de una corriente de agua. Este método se puede hacer en secciones triangulares, rectangulares, trapezoidal.

El tipo de aforo practicado en este proyecto es de tipo volumétrico, en donde se realizó la visita a una primera naciente y luego a una quebrada.

Pérdidas generadas por fricción

Las pérdidas generadas por la fricción de las tuberías son parte esencial en el diseño de un acueducto, esto porque puede determinar si los diámetros propuestos y el material de las tuberías dan el caudal requerido de abastecimiento.

En este proyecto se pretende valorar 3 opciones para conocer las perdidas por fricción sin considerar las que se pueden generar por perdidas de los accesorios, ya que será una propuesta para que AyA como ente rector de los suministros de agua potable, realice el análisis completo de diseño para la comunidad de Monserrat.

La primera fórmula que se utilizará es la de Hazen-Williams que es utilizada para conducciones a presión. Lo que realiza esta fórmula es una relación entre el coeficiente de fricción de los materiales, caudal, diámetro y longitud de la tubería.

Los coeficientes de fricción de Hazen-Williams indicados en la Norma técnica para Diseño y Construcción de sistemas de Abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial son los siguientes:

Tabla 4 Coeficientes máximos Hazen-Williams

Material	Calor máximo de C (adimensional)
Polietileno de alta densidad (PEAD)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130
Concreto	120-140
Hierro Galvanizado	120
Hierro Dúctil	120
Hierro Fundido	130
Hierro Fundido (10 años de edad)	107-113
Hierro Fundido (20 años de edad)	89-100
Hierro Fundido (30 años de edad)	75-90
Hierro Fundido (40 años de edad)	64-83
Acero	130
Acero *	140-150
Acero rolado	110
cobre	130-140

(*) Se refiere a material utilizado en productos fabricados durante los últimos 10 años

Fuente: Norma técnica para Diseño y Construcción de sistemas de Abastecimiento de agua potable, 2017, p. 20

Para conocer las pérdidas de fricción por medio de la fórmula antes mencionada se debe aplicar de la siguiente manera:

$$H_f = \frac{10.675 \times Q^{1.852}}{D^{4.87} \times C^{1.852}} \times L$$

En donde:

HF= Perdidas por fricción.

Q= Caudal.

D=Diámetro.

C= Coeficiente de fricción.

L= Largo.

La segunda fórmula a utilizar es la de Darcy-Weisbach, lo que cambia es el coeficiente de fricción y las variables, obteniendo un resultado congruente en relación a la de Hazen-Williams la fórmula es la siguiente:

$$H_f = 0.0826 * f * \left(\frac{Q^2}{D^5}\right) * L$$

En donde:

HF= Perdidas por fricción.

F= coeficiente de fricción.

Q= Caudal en m³/s.

D= Diámetro en metro.

L= largo en metro.

En este caso se va a depender del número de Reynolds y si el fluido es laminar o turbulento, ya que se puede decir que si el número de Reynolds es bajo se interpreta laminar y si es alto se puede decir que es turbulento. También para obtener el número de Reynolds se debe a la viscosidad del líquido.

Para la aplicación de la fórmula de Darcy-Weisbach se aplica la siguiente relación para tuberías donde circula líquido en tubería recta y llena, que es el caso de este proyecto:

$$\frac{v_s D}{\nu}$$

Donde:

Vs= velocidad del fluido en m/s

D= diámetro en metros.

V= viscosidad cinemática del fluido en m²/s.

La tercera y última fórmula utilizada es la de Varonesse-Datei que en este caso se aplicará solo para pvc por lo tanto, los coeficientes ya dados corresponden a la cantidad de Reynolds y viene dada de la siguiente manera:

$$H_f = 9.2 * 10^{-4} * \left(\frac{Q^{1.8}}{D^{4.8}} \right) * L$$

En donde:

Q= caudal m³/s.

D= diámetro en m.

L=largo en metros

Tuberías y accesorios.

Para realizar este proyecto es indispensable conocer el material que se utiliza y las diferentes técnicas que se pueden desarrollar dependiendo de la zona que se esté abarcando. Para esto se

detallarán a continuación los requerimientos técnicos necesarios para hacer el desarrollo de un acueducto principalmente en la zona de Monserrat de Cascajal de Coronado.

Las tuberías son diseñadas para resistir presiones internas generadas por fluidos o aire acumulado, así como también las fuerzas externas generadas por materiales de relleno de las zanjas. También deben de soportar la resistencia a la ruptura por elasticidad, estas resistencias son comúnmente dadas en la instalación de tuberías en pasos elevados en donde se puede generar una cierta curvatura.

La mayoría de tuberías que se producen ya sea a nivel nacional o internacional, deben ser aprobadas por las normas que estén rigiendo, según sea su uso, estas normas se encargan de que el material, proceso de fabricación y demás componentes que le pueden generar algún problema a la tubería deben de cumplir con los parámetros estandarizados.

En Costa Rica se encuentra el laboratorio del Lanamme en donde se realizan los estudios a la mayoría de materiales utilizados para uso constructivo. Dentro del laboratorio se encuentra el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica que sirve para regular el cumplimiento de los materiales y así poder tener una guía para basarse sobre los productos ofrecidos en el mercado.

Cabe mencionar que, a materiales muy novedosos en el mercado costarricense, en donde existe cierto desconocimiento, lo que realiza INTECO es una copia a la norma ASTM, esto dependiendo si el material es conocido a cabalidad en los Estados Unidos. También existen las Normas ISO que ya son provenientes de materiales europeos y las especificaciones pueden tender a variar, por las condiciones en las que se utilizan en los suelos europeos.

En la tubería producida en Costa Rica, la mayoría es aprobada con las normas ASTM, un ejemplo es uno de los proveedores grandes a nivel nacional de producción de tubería y accesorios en PVC y PEAD en donde el Manual Técnico Amanco detalla lo siguiente:

Tabla 5. Normas aplicables a la tubería

ORGANISMO	DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN
ASTM	D1248	Materiales para la extrusión y moldeo en polietileno Compuestos de Cloruro de polivinilo rígido (PVC) y compuestos de cloruro de polivinilo clorado (CPVC)
	D1784	Tubería plástica PVC, cedulas 40, 80, y 120
	D1785	Tubería plástica PVC para presión (SDR)
	D2241	Accesorios para tubería PV cedula 40
	D2466	Tubería y accesorios PVC para drenaje, desecho y ventilación (DWV)
	D2665	Tubería de PVC con juntas cementadas
	D2672	Tubería Plástica de polietileno (PE)
	D2737	Tubos y accesorios CPVC para agua caliente
	D2846	Tubos y accesorios para alcantarillado
	D3034	Juntas con empaque para sistemas de presión
	D3139	Juntas con empaque para alcantarillado
	D3212	Tubería y accesorios de polietileno
	D3350	Especificación estándar para sellos elastoméricos para unión de tuberías plásticas
	F477	Especificación estándar para tubería corrugada y accesorios de PVC con interior liso
	F949	Gravedad de perfil cerrado serie 10 basados en diámetro interno controlado
F2307	Tubería de materiales plásticos para el transporte de fluidos	
ISO	R-161-1	

Fuente: Normas aplicables. Manual Técnico Amanco. (p.24)

Con base a las normas anteriores, se debe cumplir con una presión de trabajo en donde se garantice la resistencia del material con el que se fabrica la tubería, ya sea PVC, CPVC o polietileno, para esto se designa con los valores del SDR (Standard dimensión Ratio) que se refiere a la relación entre el diámetro y el espesor de la tubería.

Tabla 6. Presión de trabajo para tubería PVC y CPVC

SDR	Presión de trabajo P, kg/cm ² (psi)	Presión de trabajo P, m.c.a
11	28,0(400)	280
13,5	22,4(320)	224
17	17,5(250)	175
26	11,2(160)	112
32,5	8,8(125)	88
41	7,0(100)	70
50	5,6(80)	56

Fuente: Manual Técnico Amanco (p.28)

Tabla 7. Presión de trabajo p para tuberías y accesorios PVC SCH 40 y SCH 80

DIÁMETRO		SCH 40		SCH 80	
mm	pulg	kg/cm ²	psi	kg/cm ²	psi
12	1/2	42	600	59,5	850
18	3/4	34	480	48,3	690
25	1	32	450	44,1	630
32	1 1/4	26	370	36,4	520
38	1 1/2	23,1	330	32,9	470
50	2	19,6	280	28	400
62	2 1/2	21	300	29,4	420
75	3	18,2	260	25,9	370
100	4	15,4	220	24,5	350
150	6	12,6	180	19,6	280
200	8	11,2	160	17,5	250
250	10	9,8	140	16,1	230
300	12	9,1	130	16,1	230

Fuente: Manual Técnico Amanco. (p.28)

Para realizar un diseño hidráulico, se deben contemplar 3 factores importantes, la presión, el caudal y la velocidad.

La presión determina el tipo de tubería que se requiere en SDR y si es necesario contemplar válvulas reductoras, para evitar problemas en las tuberías, ya sea las previstas domiciliarias o las de conducción. Tal como se muestra en la tabla 3.2 se debe de cumplir con las presiones de trabajo para cada tubería.

El caudal va a determinar si toda la comunidad que va a ser abastecida, va a contar con la cantidad de agua equitativamente.

La velocidad ayuda a no dejar ciertos sedimentos en las tuberías. Existe una velocidad mínima y máxima. En la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial indica:

Velocidad

La velocidad máxima en redes de distribución es de 3.0m/s.

La velocidad máxima en líneas de conducción y de aducción es de 5.0m/s y la mínima de 0.60m/s. En los casos que se obtengan valores de velocidad inferiores al mínimo establecido, prevalecerá el criterio de diámetro mínimo de tubería. (p. 19)

Las tuberías a utilizar para conductos de agua potable a presión, deben ser de color verde cumpliendo el rotulado de la norma técnica del producto.

En el caso de tuberías de Polietileno que son de resina negra, deben contener rayas de color verde de 5cm.

Instalación de tubería en zanja abierta.

La instalación de tuberías en Costa Rica ya sea agua potable, pluvial o sanitaria, tienen una ubicación que se debe respetar a como lo indica la Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial:

Ubicación de tuberías

Las tuberías que conforman la red de distribución se deben ubicar en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1.50m del cordón de caño y a una profundidad mínima de 0.80m sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle. (p. 23)

También es importante mencionar que la profundidad de la tubería puede llegar a variar según el tipo de carretera ya sea Nacional o Cantón, ya que para este tipo se recomienda una profundidad no mayor a 1m de la corona del tubo a la rasante de la calle. Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (p. 23)

La diferenciación de profundidades de las tuberías se puede dar por lo transitado que puede ser la carretera y por sus características de la zona. En una zona rural, donde la calle es cantonal, se sabe que la ruta posee poco tránsito, por lo que este factor cuenta, ya que las tuberías son diseñadas

para resistir todas las cargas temporales y permanentes, sabiendo que las tuberías poseen presiones internas generadas por el agua y presiones externas generadas por los rellenos que lo contienen.

La instalación para tuberías termoplásticas se debe hacer respetando la Norma INTE 16-02-02

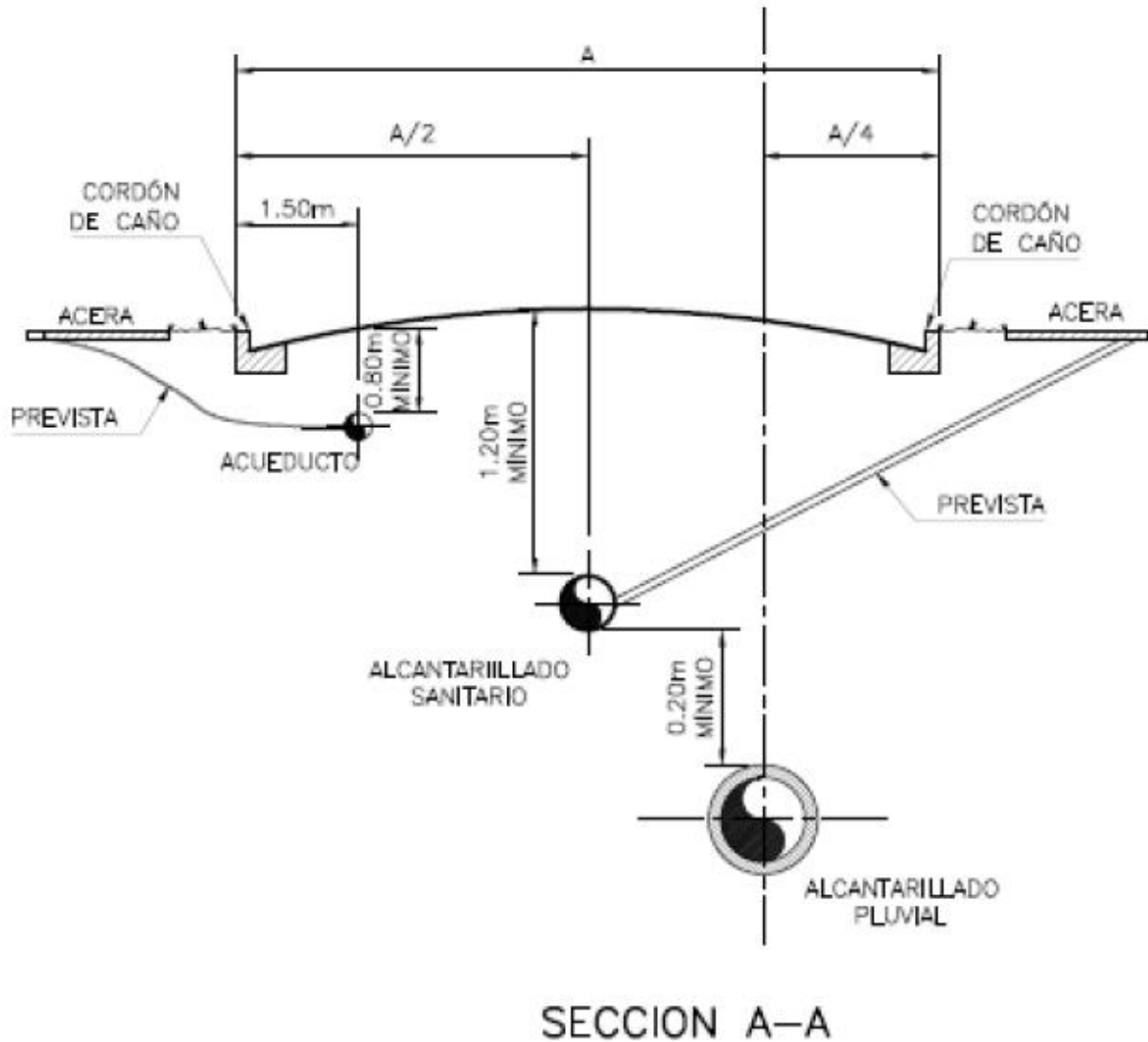


Figura 8. Representación de la instalación de tubería a Zanja abierta.

Instalación de tubería por Perforación Horizontal Dirigida.

El sistema por perforación horizontal dirigida que se viene desarrollando a partir del año 2000 en Costa Rica, es una técnica muy novedosa, de bajo impacto ambiental y a un menor costo de

operación. El cambio del método de instalación de zanja abierta a perforación horizontal dirigida viene a dar un giro a los métodos constructivos de colocación de tubería, ya que a como se ve en la siguiente gráfica, el incremento se viene dando paulatinamente, inclusive, muchos de los proyectos, se dan por una sustitución de tubería de PVC a PEAD.

También es importante mencionar que la instalación de tubería de polietileno, no solo se da para instalaciones hidráulicas, sino que también se da para conductos eléctricos, gas, telecomunicaciones, saneamiento y riego.

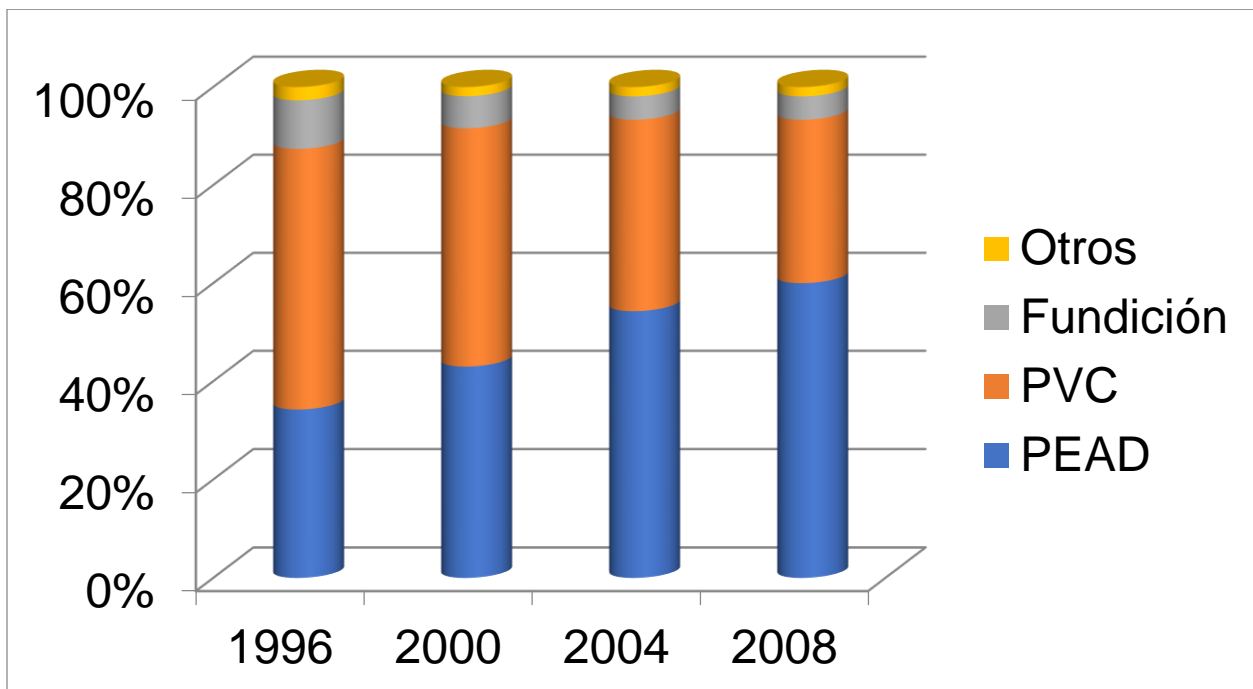


Figura 9. Métodos más utilizados en instalación de tuberías

Para poder desarrollar este método, lo fundamental es contar con la tubería adecuada, como lo es la tubería de polietileno. La tubería de polietileno se genera a partir del petróleo, como se representa en el siguiente esquema:



Figura 10. Proceso de sustracción de materia prima para fabricación de tubería

Las ventajas que se dan utilizando este método son las siguientes:

Es un sistema monolítico.

Resistente a la corrosión.

Hidráulicamente liso.

Resistente a la fatiga y los picos de presión.

Fácil de interconecta entre sí.

Químicamente resistente.

No toxico.

Liviano.

Flexible y enrollable.

Dúctil.

Resistente a los rayos ultravioleta.

Capítulo III. Marco metodológico

Enfoque de la Investigación

Para la elaboración de este proyecto se considera que el enfoque es mixto, según Hernández-Sampieri y Mendoza (2008) que se define como “los procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección de análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada” (p.534), esto debido a que, al iniciar el proyecto se debe de considerar la tramitología legal para poder tomar agua ya sea superficial, de extracción de pozos o naciente, dependiendo del tipo de zona y protección biológica en la que se encuentre. Para esto se deben realizar consultas ante las entidades gubernamentales como la Dirección de aguas que es regido por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Sistema nacional de áreas de conservación (SINAC), Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Municipalidad y la ASADA que abarca la zona.

Este proyecto también se puede catalogar cuantitativo, ya que una vez teniendo la viabilidad del proyecto, se procede con la recolección de datos, para obtener los caudales, velocidades y presiones, para conocer las tuberías que se emplearán en la propuesta de diseño en el sistema del acueducto comunal.

Método de investigación

En el método de investigación al considerarse de enfoque mixto, se tiene que realizar análisis de investigación de campo y análisis de investigación por medio de referencias bibliográficas.

Fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas son referencias bibliográficas, proyectos de tesis anteriores, así como alternativas a proyectos realizados en zonas rurales fuera del país, en donde existen técnicas que pueden funcionar en la aplicación de este proyecto. También comprende libros y artículos para desarrollar un mejor conocimiento y poder dar un buen desarrollo del proyecto.

Por otra parte, se considerará información relevante la que contiene el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, en donde se fundamenta el proceso que conlleva suministrar agua a poblaciones rurales.

Otros entes gubernamentales que se deben considerar y que son de suma importancia para el desarrollo de este proyecto son los que dan información a la protección del medio ambiente como el Ministerio de Ambiente y Energía que, para poder realizar cualquier proyecto que tenga afectación directa al recurso hídrico, se debe presentar información a la Dirección de aguas perteneciente a esta misma institución. También se debe tomar en cuenta el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y el Instituto Meteorológico Nacional.

Para el desarrollo de este proyecto se tendrá apoyo de programas e información web utilizados para simulación de información y así poder optar por un mejor planteamiento. Entre los programas se destacan, Global Mapper, Google earth satelital, civil cad, epanet, wáter gems, Arc Gis, Epcad, Sistema nacional de información territorial, visor mapa Recurso hídrico, Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Variables o Unidades de Análisis

Para determinar las variables o unidades de análisis se considerarán los datos suministrados cuantitativos y cualitativos.

Una de las variables encontradas en el proyecto es el cambio que debe realizar la Asada del Distrito de Cascajal al tener que ampliar su zona de abastecimiento, teniendo un impacto económico y social para con los administradores.

Otra de las variables a contemplar es la protección que se debe realizar en el margen de la quebrada o nacimiento a intervenir, esto puede conllevar a despropiar o realizar algún cambio de límites territoriales.

También es otra variable a considerar el tener que registrar la mayor parte de servidumbres y los anchos que se deben de permitir para paso de tuberías, debido a que las conducciones principales se deben de fijar por las calles municipales con la que cuenta la comunidad de Monserrat.

Instrumentos

Para la recolección de los datos se utilizará registros históricos y documentos, así como también la observación de comportamiento del entorno.

Proceso para la recolección y análisis de datos

El proceso consiste en dar a conocer el comportamiento de 2 fuentes de agua, para esto se investiga sobre las calidad, cuenca, clima, cantidad de agua que puede suministrar la nacimiento o quebrada, con el fin de obtener los resultados y hacer la interpretación numérica, también se realiza el proceso de la viabilidad requerida y el impacto que puede generar el realizar un acueducto, así como también las implicaciones o cambios que debería de sufrir la entidad que se encargará de administrar el acueducto.

Capítulo IV. Análisis de Resultados

En el análisis y estudio de investigación para la ejecución de un proyecto de Acueducto en la comunidad de Monserrat, se debe devz realizar una secuencia de trámites administrativos y también comprende cálculos para tomar decisiones en el momento de aprobación y puesta en marcha.

Concesión

Para realizar el trámite de la concesión de agua, hay que presentar ante la Dirección de Aguas el formulario Solicitud de Información sobre Concesiones o Inscripción de Agua. Se realizó el llenado del documento, sin embargo, no se obtuvo respuesta, en este caso, la ASADA como ente administrador, será el que realice el trámite correspondiente ante esta entidad.

Dado lo anterior, se investiga un poco más por medio de la página web del SETENA y se encuentra el siguiente visor satelital, en donde se enmarcan las posibles concesiones que se encuentran en el Sector de Monserrat, dando como resultado que, en Quebrada Grande, se realizó en algún momento un trámite de concesión. Si la información es exacta, lo que prosigue es que la ASADA realice la verificación ante el departamento de Dirección de aguas.

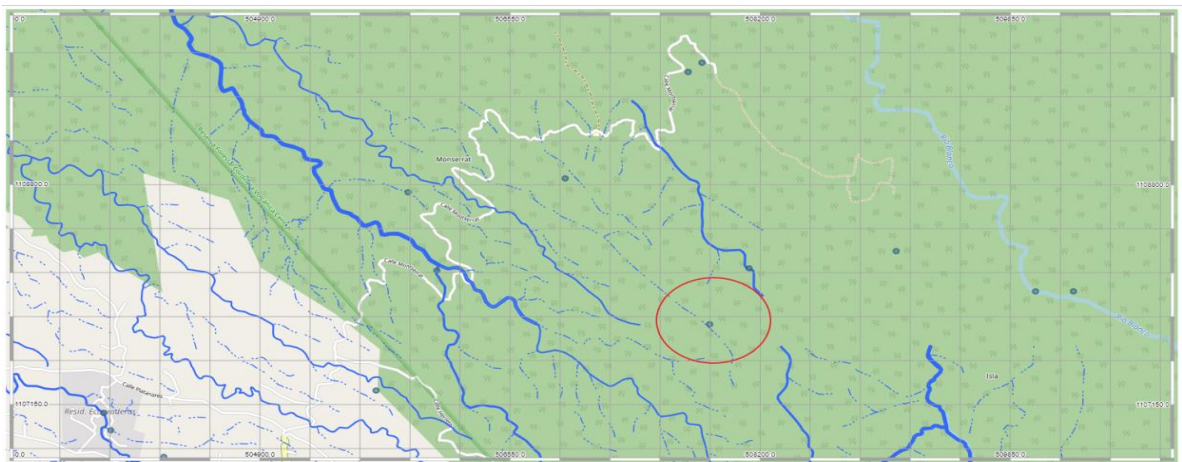


Figura 11. Sitio de ubicación de concesión Quebrada Grande

Viabilidad ambiental

La viabilidad es el trámite que corresponde realizar una vez que esté el visto bueno por parte de la concesión, este trámite lo realizará el desarrollador del proyecto en conjunto con un regente ambiental. En el caso de este proyecto que es para que lo administre una entidad dirigida por el Estado, se debe completar el formulario D3.

Realizar este trámite consiste en agrupar los aspectos geográficos, mantener un equilibrio ambiental y el tipo de producción que se requiere con el proyecto, para poder definir el impacto que debe soportar el medio ambiente.

El departamento evaluador durará 3 semanas en revisar la documentación e información presentada y dará la recomendación respectiva y las diferentes pautas a seguir, estas pautas van en concordancia con la calificación otorgada según lo indica en la página web del SETENA www.stramites.setena.go.cr que se detalla a continuación:

- Baja Significancia de Impacto Ambiental (SIA)-Declaración Jurada de compromisos ambientales (DJCA).
- Moderada SIA-Pronóstico-Plan de Gestión Ambiental (P-PGA), para lo que la SETENA brinda al usuario los lineamientos para su elaboración.
- Alta SIA-Estudio de Impacto Ambiental (EslA), para que la SETENA brindará los términos de referencia para su confección.

Población

Con el fin de obtener los datos para hacer el estudio de diseño para abastecer de agua potable la comunidad de Monserrat se hace el siguiente análisis poblacional:

Tabla 8. Estimación de la población

	Unidad de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE)	total
Población actual	113	1	113
Población con terrenos sin construir	30	1	30
Escuela	1	25	25
Iglesias	1	25	25
Salón	1	25	25
Sodas	2	100	200
Centros de recreación o turísticos	2	200	400
Población de diseño			818

Fuente: elaboración propia

Según la Norma Técnica para Diseño y Construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (2017) se tomaron los valores de la tabla 1 referente al cálculo de servicios equivalentes según tipo de actividad a desarrollar, con el fin de obtener un estimado poblacional y así determinar la dotación de agua potable que requerirá la población.

Para tales efectos se consideró una población con terrenos para construir, ya que debido a que territorialmente es muy grande, existe una población que, por falta de la disponibilidad de agua, se les ha complicado poder construir, por lo que fue importante estimar esa población.

A continuación, se muestran los datos realizados para la dotación:

Tabla 9. Dotaciones

DOTACIÓN	
Población Rural	200 l/p/d
Vida útil (n)	25 años
índice de crecimiento (i)	1,28%
Factor de crecimiento $(1 + i)^n$	$(1 + 0,0128)^{25} = 1.37$

Fuente: elaboración propia

Para la demanda máxima se realizó la aplicación con la población proyectada de:

$$QPD: \frac{\text{Dotacion bruta} \times \text{Poblacion Proyectada}}{86.400} = \frac{200 \text{ l/p/d} \times (818 \times 1.37)}{86.400} = 2.59 \text{ l/s}$$

$$QMD: FMD \times \text{Caudal Promedio Diario} = 1.2 \times 2.59 = 3.1 \text{ l/s}$$

$$QMH: FMH \times \text{Caudal Máximo Diario} = 1.8 \times 2.27 = 5.59 \text{ l/s}$$

Tabla 10. Factores de demanda máxima

FACTORES DE DEMANDA MÁXIMA	
Factor máximo horario (FMH)	1,8
Factor máximo Diario (FMD)	1,2
Caudal promedio diario QPD	2.59
Caudal máximo diario QMD	3.1
Caudal máximo Horario QMH	5.59

Fuente: elaboración propia

Almacenamiento del tanque

Para calcular el almacenamiento requerido de agua potable para abastecer a la comunidad se requiere considerar:

- Las horas pico. Se debe aplicar un volumen equivalente al 14% del volumen promedio diario.
- Si se requiere de sistema contra incendios, poder tener la capacidad para tal fin. En el caso del sistema contra incendios, según las Normas para el Diseño de Abastecimiento de agua potable en Costa Rica, no se contemplará el caudal contra incendios para este proyecto debido a que la población de diseño no supera 5000 habitantes y las líneas de distribución son menores a 100mm.

- Contemplar una reserva por si el sistema sufre de alguna interrupción del suministro.

Este volumen corresponde a un periodo de 4 horas del Caudal Promedio diario.

Se debe considerar el número de casas para el diseño de un almacenamiento de agua para una Asada.

$$\text{Asada con menos de 100 casas} = \text{Caudal Promedio Diario} \times 86.400 \times \frac{1}{3}$$

$$\text{Asada con más de 100 casas} = \text{Caudal Promedio Diario} \times 86.400 \times \frac{1}{6}$$

Volumen de almacenamiento (litros)

$$\text{QPD} \times 86400 \times \frac{1}{3}$$

$$54610,7216$$

$$54,6\text{m}^3$$

Aforo realizado a la naciente

Para efectuar el aforo a la naciente se encontró una zona con una caída de agua con una altura no mayor a 0.5 metros, en donde el caudal se concentraba en esa parte. Es importante mencionar que en esta zona ya existe una represa para llevar el agua hasta una finca en donde es abastecida, sin embargo, se procedió a aforar más arriba para así contemplar la mayor parte del cauce de la naciente.



Figura 12. Sitio de primer aforo.

Actualmente la toma que abastece a la finca cercana, está construida por 1 tramo de 6 metros en tubería de 100mm pvc en SCH40 y después tiene una reducción a 50mm en donde es canalizada hasta el primer tanque de almacenamiento.



Figura 13. Captación de agua existente para abastecer una finca situada en la naciente

La naciente se encuentra ubicada a una altura de 1925 m.s.n.m, se encuentra rodeada de vegetación virgen y sus alrededores se encuentran un terreno con pendiente muy pronunciada. El único acceso es por el cauce de la naciente.



Figura 14. Elevación y ubicación de naciente

Se realizaron un total de 2 aforos en 2 días distintos para obtener un promedio más exacto, sin embargo, es importante aclarar que los aforos no se realizaron en las condiciones más críticas, que es en época seca, ya que, debido al tiempo de realizar esta investigación, se tuvo que realizar en condiciones no críticas, es decir, en épocas lluviosas. El sistema utilizado fue el volumétrico, se realiza con una cubeta plástica con un volumen total de 24.61litros, en cada aforo se consideró que no quedaba completamente lleno, por lo que se le restó la altura vacía para tener un dato aún más exacto del volumen a utilizar en el aforo. (ver apéndice 4)

A continuación, se encuentra el cuadro por fecha de los datos suministrados en los aforos.

Tabla 11. Aforo 1 realizado a naciente.

Aforos del 02 de octubre del 2020					
altura cubeta (m)	altura vacía (m)	altura llena (m)	tiempo de llenado (s)	volumen (l)	caudal (l/s)
0,36	0,15	0,21	4,11	14,356	3,49
0,36	0,13	0,23	4,14	15,723	3,80
0,36	0,13	0,23	6,63	15,723	2,37
0,36	0,1	0,26	5,87	17,774	3,03
0,36	0,055	0,305	5,7	20,850	3,66
0,36	0,08	0,28	4,97	19,141	3,85
0,36	0,09	0,27	7,45	18,458	2,48
0,36	0,09	0,27	5,82	18,458	3,17
				promedio	3,23

Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Aforo 2 realizado a naciente

Aforos del 02 de octubre del 2020					
altura cubeta (m)	altura vacía (m)	altura llena (m)	tiempo de llenado (s)	volumen (l)	caudal (l/s)
0,36	0,11	0,25	4,88	17,090	3,50
0,36	0,13	0,23	5,04	15,723	3,12
0,36	0,105	0,255	4,4	17,432	3,96
0,36	0,11	0,25	3,67	17,090	4,66
0,36	0,11	0,25	3,22	17,090	5,31
0,36	0,11	0,25	4,28	17,090	3,99
0,36	0,1	0,26	4	17,774	4,44
0,36	0,1	0,26	4,2	17,774	4,23
				promedio	4,15
				promedio total l/s	3,69

Fuente: elaboración propia

Aforo realizado a Quebrada Grande

Para el aforo realizado a Quebrada Grande se buscó un sitio óptimo ya que por su amplio caudal es un poco laborioso el poder hacer una represa, sin embargo en el recorrido por el margen de la quebrada se encontró una represa, que según nos indicaron los coterráneos, se construyó para

abastecer una parte de la comunidad, al parecer el señor que en aquel entonces estaba a cargo de la empresa que se dedicaba a la venta de unas propiedades llamada Los Juncos S.A, la construyó. Sin embargo, por desconocimiento no se percató que la altura difería en la toma de abastecimiento por gravedad.

Por la necesidad con la que contaba la empresa Los Juncos S.A por abastecer esta zona de agua potable, fue claro en dejar una servidumbre para paso de los servicios públicos, incluyendo el de agua potable, como se indica a continuación en parte de la escritura suministrada por uno de los actuales propietarios:

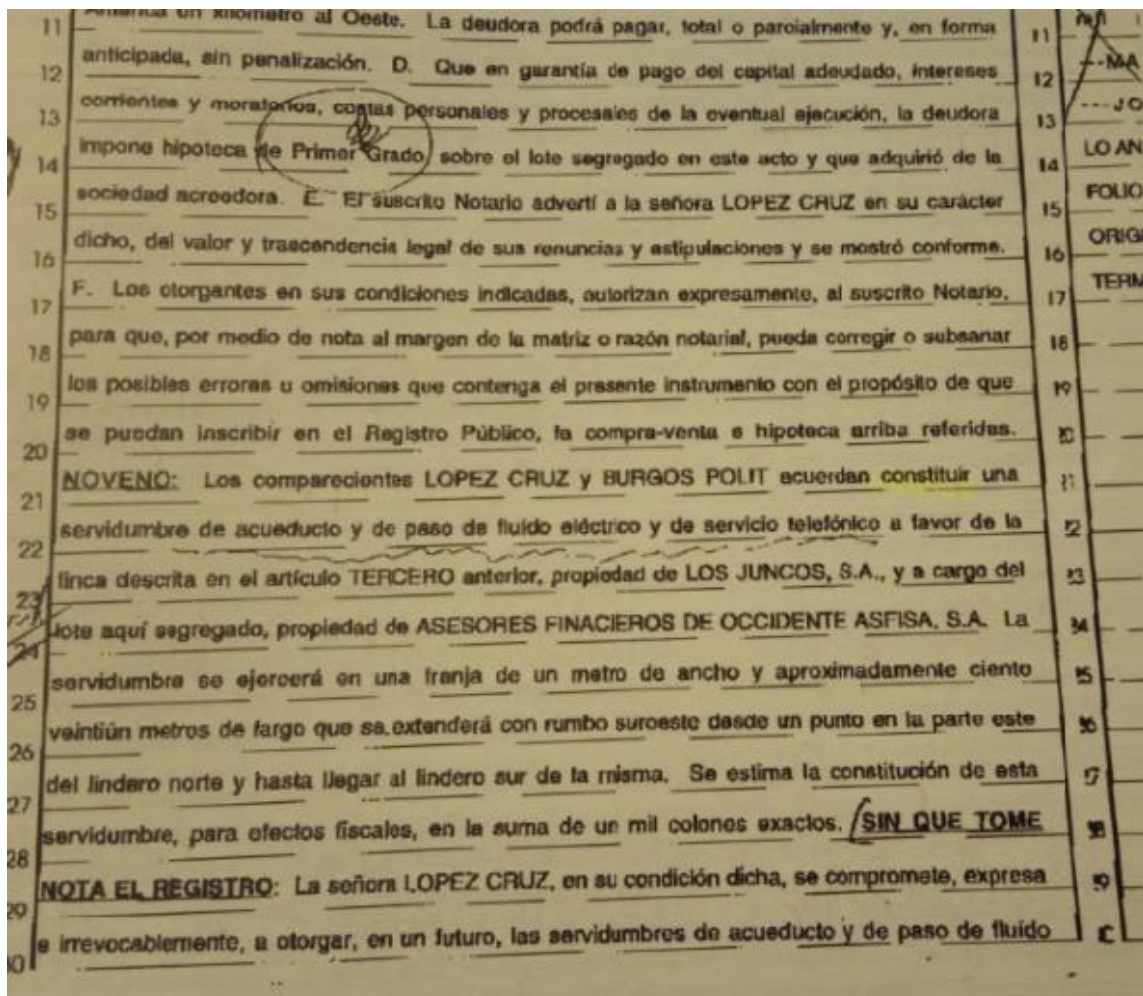


Figura 15. Indicación de servidumbre inscrita para paso de acueducto.

Según lo anterior, se hace de conocimiento que debe de darse el libre tránsito para la instalación de un acueducto para la localidad.

Las propiedades a las que se les quería abastecer con la represa se encuentran ubicadas en la calle conocida como La Fosforera, esta calle cuenta con una servidumbre registrada para uso de agua potable.

Sin embargo, la servidumbre que se dejó es de 1 metro de ancho, lo que se debe de revisar son los anchos permitidos a como lo indica la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial que menciona:

3.2 De la constitución de servidumbres e inscripción de terrenos para infraestructura

b) Las servidumbres de tubería para sistemas de agua potable, de recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales y sistemas pluviales, deben tener un ancho mínimo de 6m. Dicha medida puede ser variada a partir de criterios técnicos debidamente motivados, que consideren al menos el diámetro de la tubería, la profundidad de colocación, las condiciones del sitio, requerimientos de acceso para labores de operación y mantenimiento, entre otros. (p.10)



Figura 16. Represa existente en Quebrada Grande sin funcionamiento

La altura a la que se encuentra la represa es a 1815 m.s.n.m, si vemos la altura donde debe de llegar el suministro de agua potable vemos que es a 1870m.s.n.m, esto puede ser muy significativo en el momento de realizar la línea piezométrica y calcular el caudal de la tubería aguas abajo, ya que si el sistema se realiza por gravedad se debe considerar la presión que se requiere en las previstas domiciliarias. Es notorio que para utilizar la represa construida, se debería de hacer un sistema por bombeo, pero al utilizar este sistema, incrementa el costo de proyecto y operación, ya que se deben contemplar los mantenimientos y de personas calificadas que le den soporte al

bombeo. Otras limitantes que tendría el sistema son poder llevar electricidad hasta el punto de bombeo y construir este sistema en los terrenos donde las pendientes son muy pronunciadas, ya que esto provocaría una complejidad aún mayor, sabiendo que buscar una zona donde se ubique los tanques ya es complicado y podría volverse aún mayor teniendo este sistema. Sin embargo, en el momento de presentar la propuesta de diseño, existen 2 zonas que se tendrían que valorar para un sistema de bombeo, pero sería ubicado en las entradas a las servidumbres que lo requieren, siendo de fácil acceso para el mantenimiento y puesta en marcha. Esto se da porque el punto más alto se mantiene casi en paralelo con el almacenamiento del agua potable, lo que por gravedad sería muy difícil que pueda abastecer esta población. En este sistema se debe contemplar la implementación de una planta automática generadora de electricidad para los momentos en que exista fallas eléctricas y la población no tenga el faltante del agua potable.

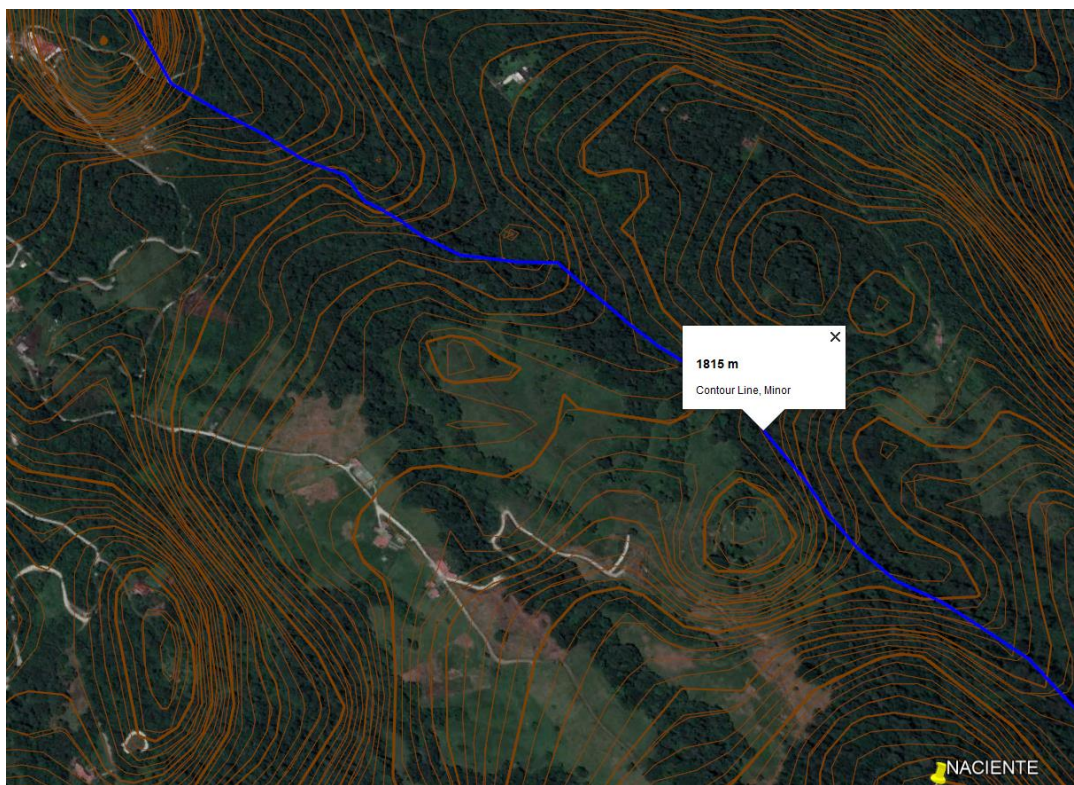


Figura 17. Elevación y ubicación de represa existente en Quebrada Grande

Dado lo anterior se procede a realizar 3 aforos en 3 puntos diferentes aguas arriba para ir conociendo el caudal que puede generar la quebrada, el último aforo se logró realizar en un período de entrada la época seca ya que se realizó el 16 de enero del 2021, con el fin de tener un leve acercamiento a una condición crítica. Estos aforos arrojaron los siguientes resultados:

Tabla 13. Aforo 1 Quebrada Grande

Aforos del 24 de octubre del 2020 atura (1815m.s.n.m)				
altura cubeta (m)	altura llena (m)	tiempo de llenado (s)	volumen (l)	caudal (l/s)
0,36	0,36	1,92	24,61	12,82
0,36	0,36	2,2	24,61	11,19
0,36	0,36	2,1	24,61	11,72
0,36	0,36	2,15	24,61	11,45
0,36	0,36	2,03	24,61	12,12
0,36	0,36	2,16	24,61	11,39
0,36	0,36	2,28	24,61	10,79
0,36	0,36	1,96	24,61	12,56
			promedio	11,75

Fuente: elaboración propia

Tabla 14. Aforo 2 Quebrada Grande

Aforos del 24 de octubre del 2020 Altura (1840m.s.n.m)				
altura cubeta (m)	altura llena (m)	tiempo de llenado (s)	Volumen (l)	caudal (l/s)
0,36	0,36	3,05	24,61	8,07
0,36	0,36	3,54	24,61	6,95
0,36	0,36	3,25	24,61	7,57
0,36	0,36	2,54	24,61	9,69
0,36	0,36	2,49	24,61	9,88
0,36	0,36	2,4	24,61	10,25
0,36	0,36	2,97	24,61	8,29
0,36	0,36	3,04	24,61	8,1
			promedio	8,6

Tabla 15. Aforo 3 Quebrada Grande

Aforos del 16 de enero del 2021 Altura (1940m.s.n.m)				
altura cubeta (m)	altura llena (m)	tiempo de llenado (s)	volumen (l)	caudal (l/s)
0,36	0,36	4,13	24,61	5,96
0,36	0,36	3,52	24,61	6,99
0,36	0,36	4,03	24,61	6,11
0,36	0,36	3,79	24,61	6,49
0,36	0,36	3,86	24,61	6,38
0,36	0,36	4,11	24,61	5,99
0,36	0,36	3,71	24,61	6,63
0,36	0,36	3,74	24,61	6,58
			promedio	6,39

Fuente: elaboración propia

En los resultados obtenidos vemos una disminución del caudal entre el primero y el segundo de un 28% y de un 26% entre el segundo y el tercero, esto se puede dar debido a que aguas arriba existe menos escorrentía y fuentes de agua que abastecen la quebrada como la nacientes, también se puede decir que por ser el tercer aforo en otra época que no había tanta precipitación.

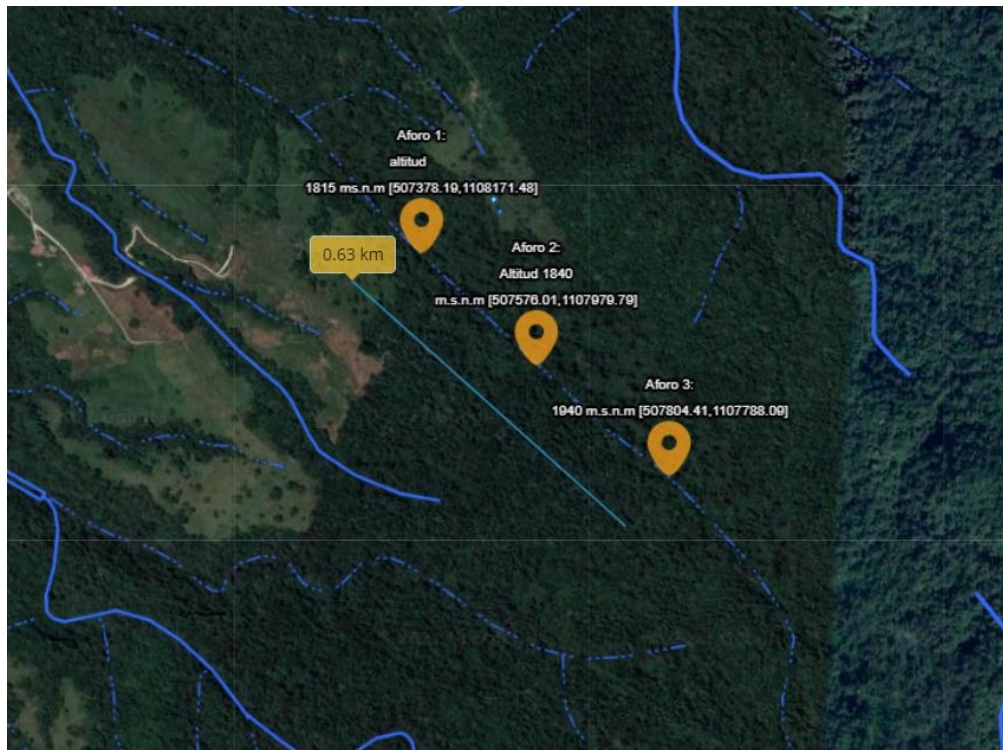


Figura 18. Sitios de aforos realizados en Quebrada Gran

Perdidas por fricción

Calculo de perdidas realizado en tubería de 100mm para la línea de conducción.

$$Q = V \cdot A$$

$$V = Q/A$$

$$V = Q/A$$

Diámetro	0,1000 m	Tubería 100mm
Área	0,0079 m ²	

Caudal estimado		6,39 l/s	0,006 m ³ /s
Velocidad en tubería PVC y PEAD de 100 mm		0,81 m/s	

Tubería	Nº de reynolds
PVC y PEAD 100 mm	80794,45

γ del agua	1,007E-06 m ² /s
-------------------	--------------------------------

Coeficiente de fricción según Blasius	
Tubería	F
PVC y PEAD 100 mm	0,0188

Perdidas según ecuación de Darcy-Weisbach

Tubería	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Longitud (L)	Perdida (H)
PVC y PEAD 100 mm	0,006 m ³ /s	0,1000 m	6700 m	42,4080 m

Perdidas según Hazen-Williams

Coeficiente Hazen-Williams para plásticos (PVC,PEAD)	140
--	-----

Tubería	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Longitud (L)	Perdida (H)
PVC y PEAD 100 mm	0,006 m ³ /s	0,1000 m	6700 m	48,59 m

Perdidas según Varonesse-Datei (para PVC)

Tubería	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Longitud (L)	Perdida (H)
PVC 100 mm	0,006 m ³ /s	0,1000 m	6700 m	43,63 m

Perdida promedio	44,88 m
-------------------------	---------

Calculo de pérdidas por fricción realizado para la línea de distribución para tubería de 75mm

$Q = V \cdot A$ $V = Q/A$	$V = Q/A$	Tubería PEAD	Tubería 75mm
		Diámetro	0,0750 m
		Área	0,0044 m ²

Caudal estimado		6,39 l/s	0,006 m ³ /s
Velocidad en tubería PEAD de 75 mm		1,45 m/s	

Tubería	N° de reynolds		
PEAD 75 mm	107725,93		
		γ del agua	1,007E-06 m ² /s

Coefficiente de fricción según Blasius	
Tubería	F
PEAD 75 mm	0,0175

Perdidas según ecuación de Darcy-Weisbach

Tubería	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Longitud (L)	Perdida (H)
PEAD 75 mm	0,006 m ³ /s	0,0750 m	4600 m	114,1799 m

Perdidas según Hazen-Williams

Coeficiente Hazen-Williams para plásticos (PVC,PEAD)	140
--	-----

Tubería	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Longitud (L)	Perdida (H)
PEAD 75 mm	0,006 m ³ /s	0,0750 m	4600 m	135,46 m

Perdidas según Varonesse-Datei (para PVC)

Tubería	Caudal (Q)	Diámetro (D)	Longitud (L)	Perdida (H)
PEAD 75 mm	0,006 m ³ /s	0,0750 m	4600 m	119,17 m

Perdida promedio	122,94 m
-------------------------	----------

Dado lo anterior, se procede a realizar la revisión de presiones para saber si el sistema abastecerá por gravedad a la comunidad de Monserrat, en la red de conducción y en la red de distribución:

- Las diferencias desde la primera altura donde se ubica el tanque 1 y donde empieza la línea de distribución, es decir, donde se ubican los otros 2 tanques es de 120mca, restando las perdidas por fricción que es de 44.88mca, quiere decir que la presión en este último punto es de 75.12mca, lo que equivale a 106.82 psi.
- En donde empieza la línea de distribución se encuentra a una altura de 1760m.s.n.m y el punto más bajo de la red se encuentra a 1590m.s.n.m dando una presión de 170mca, a este resultado se le resta las perdidas por fricción generadas que serían de 122.94mca tenemos como resultado en este último punto una presión de 47.06mca, equivalente a 66.92psi.

Estos datos no contemplan las pérdidas generadas por los accesorios, por lo tanto, basándose en la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (2017) en el rubro 4.11 presiones indica que “la presión estática máxima

será de 50 metros columna de agua (mca) en el punto más bajo de la red” (p. 19) por lo que se puede decir, que se encuentra dentro del rango permitido la presión estática.

Pruebas de Laboratorio

Para conocer más a fondo el análisis realizado a la fuente de agua, se presenta el siguiente cuadro comparativo entre los análisis de laboratorio realizados y la información del Reglamento para la calidad del agua potable publicado en La Gaceta 170 del martes 1 de setiembre del 2015:

Tabla 16. Parámetros de calidad del agua

Parámetros de aceptabilidad	Unidad	Valor Alerta (VA)	Valor máximo admisible
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	-	Debe ser aceptable	Debe ser aceptable
pH	Valor Ph	6.0	8.0
Cloro residual libre	Mg/L	0.3	0.6
Color aparente	U-Pt-Co	< 5	15
Conductividad	μS/cm	400	-
Escherichia coli	NMP/100ml o UFC/100ml	No detectable	0.6
Cloro Residual Combinado	Mg/L	1.0	1.8

Fuente: Reglamento para la Calidad del agua potable

A continuación, se presenta el resumen del informe dado por el laboratorio Lamda:

Tabla 17. Datos de prueba de Laboratorio

Parámetros de aceptabilidad	Unidad	Resultado	Valor máximo admisible
Turbiedad	UNT	0.95	5
Olor	-	Aceptable	
pH	Valor Ph	7.5	8.0
Cloro residual libre	Mg/L	< 0.1	0.6
Color aparente	U-Pt-Co	10	15
Conductividad	μS/cm	53.1	-
Escherichia coli	NMP/100ml o UFC/100ml	29	0.6
Cloro Residual Combinado	Mg/L	No aplica	1.8

Fuente. Análisis de laboratorio Lamda N^a A20/108973

Realizando un análisis comparativo entre las pruebas realizadas y la información sustraída del Reglamento para la calidad del agua, se puede observar que en los resultados obtenidos, solo el *Escherichia coli* presenta un resultado elevado en relación al que debería tener y que es muy significativo, lo que podría determinar que la naciente no puede ser apta para consumo humano.

Según el Reglamento de la calidad del agua, se indica que debe presentar ausencia de este microorganismo, pero no es así. Sin embargo, la eliminación de la bacteria *Escherichia coli* se puede realizar con un sistema de cloración del agua.

Dado lo anterior se procede a buscar una segunda opción y esta es un agua superficial llamada Quebrada Grande, esta fuente presenta un alto volumen de agua y se encuentra a una altura aproximada de 1940 m.s.n.m donde se puede realizar la captación.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

La comunidad de Monserrat actualmente se abastece por tomas independientes de agua cruda poniendo en riesgo la salud y las fuentes a la que se conectan teniendo problemas de caudal en épocas secas. Las conexiones existentes son totalmente empíricas con métodos por gravedad, no cuentan con sistemas de desinfección ni de almacenamiento de sólidos, lo que provoca que los vecinos constantemente tengan que realizar limpiezas en la toma y liberando aire que se mete en las tuberías de conducción.

Al ser zona de cautela ecológica, los vecinos desconocen el impacto ambiental que se provoca al tener conexiones independientes de diferentes puntos de captación, inclusive el desconocimiento por ser fuentes cercanas a caminos públicos donde se da con mayor frecuencia la contaminación y la deforestación dejando sin proteger las fuentes de agua.

Al existir desde hace aproximadamente 6 años una inquietud por hacer un acueducto donde se dé un abastecimiento a la comunidad y radicar todos los problemas relacionados al suministro de agua potable y que la ASADA sea la que se encargue de administrar, los vecinos encontraron una naciente donde se podía suministrar el agua, sin embargo se desconocían los caudales requeridos para abastecer la comunidad y también se desconocían los estudios fisicoquímicos del agua, para saber si se encontraba en las condiciones apropiadas para el suministro.

Se procedió a tomar los caudales dando como promedio entre los 2 aforos realizados en diferente día hay 3.69l/s lo que significa que ese caudal no es el suficiente para dar abastecimiento a la comunidad.

Con los estudios de laboratorio que se realizaron, arrojó que la bacteria escherichia coli está en un rango superior al permitido, por lo tanto no es recomendable el suministro de agua potable de la naciente.

Se procedió a realizar el mismo análisis de caudal de una quebrada llamada Quebrada Grande que se encuentra cercana al centro de la comunidad, se realizó una inspección visual por el cauce aproximadamente de donde se ubica el puente 1600m aguas arriba, donde se observan muchas fuentes que caen al cauce, que son escorrentías o nacientes pertenecientes a la cuenca, también se observó que conforme se va subiendo, se presentan muchos derrumbes y árboles caídos que pueden ser un factor de riesgo para una posible instalación de tuberías, ya que esto provoca crecidas y futuros problemas de un acueducto.

Se realizaron varios aforos y los caudales si son aceptables para abastecer a la comunidad, por lo que se debe realizar el posible rebalse para el acueducto a una altura de 1940m.s.n.m.; a esta altura se observa que no existen problemas de crecidas, inclusive para realizar el recorrido por el cauce de la Quebrada es de difícil acceso, ya que todo se encuentra cubierto de vegetación, hasta las piedras se encuentran cubiertas de musgo, lo que hace que sea una fuente más confiable y protegida, también entre más arriba la probabilidad que exista alguna agua que pueda contaminar el cauce de la quebrada tiende a disminuir. Para eso es indispensable considerar la protección al rebalse con un radio de 200m y del margen de la quebrada 50 metros a ambos lados durante todo el recorrido de la quebrada hasta donde se desvié la tubería de conducción y lo mismo aguas arriba hasta llegar donde nace la quebrada, para garantizar una protección constante.

Para el sistema de captación esta se puede realizar en tanques plásticos de polietileno, se consideran en 2 tanques de 22m³ y 1 de 15m³ dando como resultado 59m³ de almacenamiento,

esto queda por encima de lo requerido, ya que lo necesario según la cantidad de la población, se necesita un almacenamiento de 54m³.

La ASADA de Cascajal será la que administre este acueducto ya que al no tener muchas previstas en la zona de Monserrat, no se puede crear una nueva Asada, se deberá hacer cargo de la administración del Acueducto de Monserrat, por lo tanto deberá tramitar ante la Dirección de Aguas y el MINAE la Concesión de Quebrada Grande y la viabilidad ambiental, así como también deben tramitar la integración y ampliación del territorio que cubre actualmente la ASADA, donde incluya a Monserrat y dar a conocer los Estatutos de la Junta directiva a los vecinos de Monserrat para que estén anuentes a los cambios que pueda realizar la ASADA.

Para este estudio se realizó una reunión con la ASADA de Cascajal, la Asociación de Desarrollo Pro mejoras de la Comunidad de Monserrat y el INDER con el propósito de presentar un ante proyecto al Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados y una vez revisado y realizado el diseño final entregárselo al INDER para que realice la gestión de Licitación y luego la adjudicación del Acueducto.

Al no existir un terreno perteneciente a la ASADA, se debe informar a los vecinos que la zona donde se ubicarían los tanques deben de ser inscritos a nombre del ente administrador del acueducto, según lo indica la Norma Técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial (2017) en el rubro 3.2 a y b, así como también las servidumbres de paso.

Al diseñarse a un periodo de 25 años se debe contemplar en el terreno un espacio para la construcción de otro tanque de captación.

La viabilidad para dar el suministro de agua potable a la comunidad de Monserrat según el análisis de resultados: es viable realizar un acueducto en la localidad, siempre y cuando el ente a cargo cumpla con las recomendaciones y procesos que se mencionan en esta investigación.

Recomendaciones

- 1- Para realizar el asentamiento de los tanques de almacenamiento, esta tesis quedará abierta para que cualquier profesional en la materia realice los estudios de suelos pertinentes para el asentamiento de los tanques en la zona.
- 2- Se realizó una cotización para la elaboración de los estudios físico químicos completos con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, sin embargo por un tema de costos no se realizaron, se recomienda hacerlos más adelante. Para tal fin se adjunta la cotización en los anexos.
- 3- Se recomienda realizar inscripción de servidumbre para agua en los caminos que no corresponden a calle pública, por si la conducción se tiene que intervenir para reparación, de lo contrario, si no se realiza la inscripción, en el momento de ejecución del proyecto, corresponderá a los vecinos realizar la conexión de la orilla de calle hasta la prevista domiciliar.
- 4- Se recomienda comunicar a los vecinos que dicha ubicación propuesta para la colocación de los tanques de almacenamiento debe ser inscrita en el Registro Nacional a nombre del ente administrador, lo inscrito será solo el área que abarca los tanques, la planta de tratamientos y un área para la extensión de un posible tanque en el momento que se cumpla con los 25 años de diseño.
- 5- Para prevenir cualquier contaminación que se pueda ocasionar en los márgenes de la toma de las aguas superficiales, se recomienda realizar una protección a los márgenes del río para garantizar la calidad del agua.

- 6- Se recomienda que una vez se presente este proyecto a la comunidad, la ASADA como ente encargado del suministro de agua potable en el Distrito de Cascajal se encargue de gestionar ante el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados la aprobación del proyecto, para luego gestionar la ejecución con el INDER.
- 7- En el caso del Acueducto de Monserrat se debe de gestionar la integración a la ASADA de Cascajal, debido a que es la existente en la zona, no se podría crear otra Asada en la comunidad, debido a que el AyA, más bien buscar unificar las Asadas para tener un mayor control y dar un mejor seguimiento, ya que por la cantidad de servicios requeridos (menos de 170), es probable que la capacidad financiera no resulte para mantener una Asada.
- 8- Por el tipo de zona rural, se recomienda gestionar la instalación de la tubería por medio de perforación horizontal dirigida (HDD) ya que al no existir en la zona instalaciones subterráneas de ninguna índole y ser categorizada por el Plan Regulador municipal como zona de cautela ecológica, este método provocará un menor impacto ambiental facilitando la ejecución del proyecto.
- 9- Se recomienda incluir en la instalación de pasos elevados de tubería un diseño que sea anexo a los puentes existentes, sin usarse las bases de los mismos, ya que la mayoría de los puentes existentes presentan deficiencias estructurales que puedan provocar daños al acueducto a un corto plazo.
- 10- Se recomienda realizar un estudio previo a los pasos de ríos, ya que siendo por perforación horizontal dirigida, no se requeriría una estructura para los tubos y se podría realizar subterráneo.

Referencias

- Artero, C. N., 19 de abril, 2019. Las organizaciones comunitarias de agua potable rural en América Latina: un ejemplo de economía substantiva. Polis Revista Latinoamericana volumen 45/2016 URL: <http://journals.openedition.org/polis/12107>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Aspectos básicos para la gestión de las nuevas Juntas Directivas de las Asadas recuperado de <http://www.aya.go.cr>.
- William Rafael, R. (2017). Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua en el Centro Poblado Kana – Ayapata tesis de postgrado. Universidad Nacional del Altiplano, Perú.
- Besser, Ricard, E., Moscoso, R., Betsy, C.A., Oswaldo, G.V., Liduvina, M.L.,...Tauxe, R.V. (1995). Prevención de la transmisión del cólera: evaluación rápida de la calidad del agua municipal en Trujillo, Perú. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP);119(3).
- Soto, S. A., Gaviria, M. L., Pino, G. M., 2016/dic/09 Situación de la gestión del agua potable en las zonas rurales de la provincia de Cartago, Costa Rica, Tecnología en Marcha recuperado de <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2986>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2016). Política Nacional de Agua Potable de Costa Rica, 2017-2030. Recuperado de <http://www.aya.go.cr>.
- Asamblea Legislativa. (1973). Ley General de Salud N° 5395. Recuperado de <http://ucr.ac.cr>.
- Reportaje Conexióncop, sin autor., marzo 13 del 2015. Los desafíos de América Latina frente a la escasez de agua en las zonas rurales, Conexióncop recuperado de <https://conexioncop.com>.

- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). Norma Técnica para Diseño y Construcción de Sistemas de Abastecimiento de agua potable, de Saneamiento y Pluvial. Publicado en los Alcances N°227 A, B, C, D, E, F, G de la Gaceta N°180. Recuperado de <http://www.aya.go.cr>.
- Ministerio de Salud. (2015). Reglamento para la Calidad de Agua Potable. La Gaceta 170. Recuperado de <http://www.ministeriodesalud.go.cr>.
- Sistema nacional de Áreas de Conservación. (1996). Ley Forestal. La Gaceta 72. Recuperado de <http://www.sinac.go.cr>.
- Municipalidad Vázquez de Coronado. (1998). Reglamento del Plan Regulador del cantón Vázquez de Coronado. Recuperado de <http://coromuni.go.cr>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2017). Protocolo para la Integración o fusión de Asadas. Recuperado de <http://www.aya.go.cr>.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. (2001). Reglamento de Normas Técnicas y procedimientos para el Mantenimiento Preventivo de los Sistemas de Abastecimiento de Agua. Recuperado de <http://www.aya.go.cr>.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2020). Política Nacional de Áreas de Protección de Ríos, Quebradas, Arroyos y Nacientes, 2020-2040. Recuperado de <http://minae.go.cr>.
- Ashley Constanza, H. R., (2018). Análisis Comparativo de Alternativas para el Abastecimiento de Agua Potable en la Población de Matinilla, Coronado. Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio.

Apéndices

1. Concesión

SOLICITUD DE INFORMACIÓN SOBRE CONCESIONES O INSCRIPCIONES DE AGUA			
Fundamento jurídico: Ley de Aguas No. 276, Código de Minería No 6797, Decreto 35669-MINAET, Decreto 36437-MINAET, Ley General de la Administración Pública.			
Requisitos para presentar esta solicitud			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Llenar este formulario con la letra legible o impresa 2. Plano catastrado legible (si lo solicitado se refiere a una propiedad) 			
Notas importantes			
<ul style="list-style-type: none"> • A fin de entregarle un "recibido", traer una fotocopia de este formulario • Al firmar este documento, el solicitante da fe, bajo juramento, que la información aportada es verdadera • Para cualquier consulta sobre este trámite, deberá referirse al número de gestión que se le asignará 			
Solicitante: Ignacio Leiton Hernández			
Céd. jurídica o personal 1-1298-0416	Nombre y cédula del representante	Teléfonos 8866-7928	Correo electrónico Leiton762@gmail.com
Dirección exacta de la propiedad a analizar:			No. de plano catastrado
Solicito se me indique:			
<input type="radio"/> Si en la finca indicada en el plano catastrado, existen concesiones o inscripciones de agua vigentes o en trámite. <input checked="" type="radio"/> Si en un radio de ___3000 metros alrededor de las coordenadas cartográficas, latitud ___10° 01' 20.51" N___, longitud _83° 55' 59.48" O___, existen concesiones o inscripciones de agua, vigentes o en trámite.			
Indique para qué efectos solicita este dictamen (INVU, Municipalidad, Ministerio de Salud, otro): El dictamen es requerido para desarrollar el diseño para el suministro de agua potable en la Comunidad de Monserrat de cascajal de Coronado			
Fecha: 04/01/2020		Firma IGNACIO ANTONIO LEITON HERNANDEZ (FIRMA) <small>Firmado digitalmente por IGNACIO ANTONIO LEITON HERNANDEZ (FIRMA) Fecha: 2021.01.14 09:32:55 -06'00'</small> En caso de no presentarse personalmente, la firma debe venir autenticada por Notario Público	
PARA USO DE LA DIRECCIÓN DE AGUA			
Gestión No. _____		Sello de recibido	
<input type="radio"/> Recibido del solicitante, quien firma en mi presencia y exhibe cédula de identidad <input type="radio"/> Recibido de _____			



Tel: (506) 2103-2600 FAX: (506) 2221-7516 Apartado: 13043-1000 <http://www.da.go.cr> aguas@da.go.cr
 Edificio ALVASA, entrada ruta 32, avenida 19 (Costado Este Periódico La República), Barrio Tournon,
 San José, Costa Rica.

2. Cotización Prueba de Laboratorio



**Laboratorio Nacional de Aguas
INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

COTIZA-2020-168

COTIZACIÓN

NOTA IMPORTANTE: debido a que el proceso de retroalimentación de los clientes es un requisito de Acreditación de la Norma INTE-ISO/IEC 17025: 2005 le solicitamos, de la manera más respetuosa, llenar la encuesta que se adjuntará a los resultados de los análisis al finalizar la gestión, y enviarla al fax 2279-59-73 o al correo electrónico marirodriguez@aya.go.cr
¡Muchas gracias!

17 de setiembre del 2020

Sr. Ignacio Leitón

Estimado señor: A continuación, le detallo el costo de los análisis solicitados por Usted.

Datos: Se cotiza una muestra microbiológica: 1 naciente.

I ANÁLISIS BACTERIOLOGICO

Nº	Parámetro	Tarifa Particular	Naciente (1)	Referencia (a)	AyA (b)	
1	Cloro Residual	4 484	0	4500-CL G	AYA-PT-051	*
2	Coliformes fecales	10 000	10 000	9221C 9221E 9223B	AYA-PT-044 AYA-PT-045 AYA-PT-046	* * *
3	<i>E.coli</i>	15 000	15 000	9221F, 9223B	AYA-PT-073	*
Costo Total por muestra =			₡ 25 000			
Nº	Parámetro	Particular		Referencia(a)	AyA (b)	
1	Recolección	₡10 000		1060 A,B,C	AYA-PT-019	*
Costo Total de análisis		25 000	(a) Estándar Métodos para Análisis de Aguas y Aguas Residuales (b) Método de AyA * Método Acreditado por el Ente Costarricense de Acreditación			
Recolección		10 000				
Kilometraje		11 760				
Subtotal de análisis microbiol.		46 760				

"Vigilamos la Calidad del Agua por su Salud"

Teléfonos: (506)2278-4841, 2278-4811
2278-4516, 2279-5118, 2279-6144

Fax: (506) 2279-5973

Apdo. 1097-1200 Pavas



**Laboratorio Nacional de Aguas
INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

COTIZA-2020-168

II Parámetros Fisicoquímicos

Parámetros Cotizados –Nivel 1

No.	Parámetro	Costo	Referencia (a)	AyA (b)
1	Concentración de iones hidrógeno	4 483	4500-H+	AyA-PT-052*
2	Color aparente	7 686	2120 C	AyA-PT-051*
3	Conductividad	4 483	2510	AYA-PT-052*
4	Temperatura	4 483	4500-H+	AyA-PT-052*
5	Olor	4 483	2150	AyA-PT-053**
6	Turbiedad	7 686	2130 B	AyA-PT-051*
Costo total por muestra:		33 304 colones	Nivel 1	

Parámetros Cotizados –Nivel 2

No.	Parámetro	Costo	Referencia (a)	AyA (b)
8	Alcalinidad Total	7686	2320	AYA-PT-033*
9	Dureza Total	7686	2340 C	AYA-PT-043*
10	Dureza de Calcio	7686	3500 Ca B	AYA-PT-043*
11	Calcio	7686	3500-Ca B	AYA-PT-043*
12	Magnesio	7686	3500-Mg B	AYA-PT-043*
13	Sodio	12810	3500-Na B	AYA-PT-042*
14	Potasio	12810	3500-K B	AYA-PT-042*
15	Fluoruros	17934	4110-H	AYA-PT-034*
16	Cloruros	17934	4110-H	AYA-PT-034*
17	Nitratos	17934	4110-H	AYA-PT-034*
18	Sulfatos	17934	4110-H	AYA-PT-034*
19	Aluminio	12810	3125 B***	AYA-PT-100*
20	Hierro	12810	3125 B***	AYA-PT-100*
21	Manganeso	12810	3125 B***	AYA-PT-100*
22	Zinc	12810	3125 B***	AYA-PT-100*
23	Cobre	12810	3125 B***	AYA-PT-100*
24	Plomo	12810	3125 B***	AYA-PT-100*
Costo total por muestra:		¢ 212 646 colones	Nivel 2	

"Vigilamos la Calidad del Agua por su Salud"

Teléfonos: (506)2278-4841, 2278-4811
2278-4516, 2279-5118, 2279-6144

Fax: (506) 2279-5973

Apdo. 1097-1200 Pavas



**Laboratorio Nacional de Aguas
INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

COTIZA-2020-168

Parámetros Cotizados – Nivel 3

No.	Parámetro	Costo	Referencia (a)	AyA (b)
25	Nitritos	17 934	Agilent-HPLC	AyA-PT-034*
26	Amonio	10 248	3113 B	AyA-PT-031*
27	Arsénico	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
28	Cadmio	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
29	Cromo	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
30	Mercurio	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
31	Níquel	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
32	Antimonio	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
33	Selenio	12 810	3125 B***	AYA-PT-100*
Costo total por muestra físico-química:		¢ 117 852 colones	Nivel 3	

(a) AWWA: Estándar Métodos para análisis de Aguas y Aguas Residuales.

(b) Método de AyA.

(c) Método HACH DR 2010/8027

*Método Acreditado por el Ente Costarricense de Acreditación.

**Método no Acreditado.

*** Método Modificado.

Se cotizan los niveles N1, N2 y N3 en una muestra de agua de una naciente, a solicitud del cliente.

Costo del servicio por muestra fisicoquímica con Nivel 1,2 y 3 en una naciente
¢ 363 802 colones

TOTAL, DEL SERVICIO COMPLETO VALOR NETO: ¢ 410 562,00 COLONES
13% IVA: ¢ 53 373,06 COLONES
TOTAL, DEL SERVICIO COMPLETO VALOR BRUTO: ¢ 463 935,06 COLONES

Notas importantes:

Se deberá cancelar el monto indicado en la cotización con el impuesto de valor agregado (IVA), (si se encuentra exento favor enviar certificación que haga constar la excepción).

"Vigilamos la Calidad del Agua por su Salud"

Teléfonos: (506)2278-4841, 2278-4811
2278-4516, 2279-5118, 2279-6144

Fax: (506) 2279-5973

Apdo. 1097-1200 Pavas



**Laboratorio Nacional de Aguas
INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

COTIZA-2020-168

Esta cotización tendrá una vigencia de 90 días naturales después de recibida la misma.

Formas de pago:

Si está de acuerdo con la cotización recibida, deberá realizar el depósito bancario a cualquiera de las siguientes cuentas: Banco de Costa Rica, Cuenta Corriente 209916-0 IBAN: CR48 0152 0100 1020 9916 04 o bien Banco Nacional de Costa Rica, Cuenta Corriente 217102-3 IBAN: CR79 0151 0001 0012 1710 21, Cédula Jurídica del AyA (4-000-0421-38).

La copia del depósito deberá ser remitida al correo electrónico marirodriguez@aya.go.cr, durante las 24 horas después de realizado el mismo, en atención a **Maribel Rodríguez**. Y luego verificar que el mismo haya llegado a su destino al tel. 2543-6557.

Una vez recibido el comprobante de pago, se procederá a realizar la programación del muestreo y la emisión de la factura electrónica correspondiente y para ello se requiere el envío de la siguiente información:

- | | | |
|--------------------------|---|---|
| ✓ Razón Social | ✓ Provincia, Cantón, Distrito, Barrio | ✓ Número de Teléfono |
| ✓ Nombre del Cliente | ✓ Correo Electrónico al que se envía la factura | ✓ Nombre y firma de quién brinda la información |
| ✓ No. de Cedula Jurídica | ✓ Nombre del contacto de la empresa | |
| ✓ Dirección Exacta | ✓ Correo electrónico del contacto de la empresa | |

"Vigilamos la Calidad del Agua por su Salud"

Teléfonos: (506)2278-4841, 2278-4811
2278-4516, 2279-5118, 2279-6144

Fax: (506) 2279-5973

Apdo. 1097-1200 Pavas



**Laboratorio Nacional de Aguas
INSTITUTO COSTARRICENSE DE
ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS**

COTIZA-2020-168

De conformidad con lo establecido en la norma INTE-ISO/IEC 17025-2017 y con el objetivo de cumplir con la misma, se detalla a continuación la regla de decisión establecida para los resultados de los análisis efectuados por el Laboratorio Nacional de Aguas, lo cual conlleva la posibilidad de que el resultado fluctúe dentro de un ámbito debido a la incertidumbre asociada a cada método (riesgo estadístico).

Regla de decisión del Laboratorio Nacional de Aguas

- Cuando el resultado del ensayo sea igual o inferior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia abajo, por lo cual el resultado siempre cumpliría con el reglamento respectivo.
- Cuando el resultado del ensayo sea superior al Valor Absoluto del Ministerio de Salud, únicamente se tomará en cuenta la incertidumbre hacia arriba, por lo cual el resultado siempre incumpliría con el reglamento respectivo.

Por lo anterior, se les solicita informar por este medio su visto bueno a la mayor brevedad posible.

Cordialmente,



**Dr. Darner Mora Alvarado
Director**

"Vigilamos la Calidad del Agua por su Salud"

Teléfonos: (506)2278-4841, 2278-4811
2278-4516, 2279-5118, 2279-6144

Fax: (506) 2279-5973

Apdo. 1097-1200 Pavas

3. Prueba de Laboratorio



INFORME DE ENSAYO



Nº de Referencia:	A-20/108973	Registrada en:	AGQ Lambda	Cliente[*]:	IGNACIO ANTONIO LEITON HERNANDEZ
Análisis:	A-LBD-1004	Centro Análisis:	AGQ Lambda	Domicilio [*]:	SAN JOSE VASQUEZ DE CORONADOCASCAJAL DE CORONADO
Tipo Muestra:	AGUA SUPERFICIAL	Fecha Recepción:	02/10/2020	Contrato:	LA20-2273
Fecha Inicio:	05/10/2020	Fecha Fin:	06/10/2020	Cliente 3ª[*]:	---
Descripción[*]:	Naciente Monserrat de Cascajal de Coronado				

Fecha/Hora Muestreo:	01/10/2020	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA	PNT	Lim Cuantif/ Detec (1)
Parámetros Organolépticos						
* Olor	Aceptable		-		SM 2170 B Ed 23	0,00 - 0,00
Parámetros Físico-Químicos						
Cloro Residual Combinado	No Aplica	mg/L	±0,2%		PT-24 SM 4500 G Ed 23	0,10 - 5,00 mg/L
Cloro Residual Libre	< 0,10	mg/L	-		PT-24 SM 4500 G Ed 23	0,10 - 50,0 mg/L
Color Aparente	10,0	uPt Co	±0,43		PT-58 SM 2120 B Ed 23	0,00 - 1.000 uPt Co
Color Aparente	10,0	uPt Co	±0,43		PT-58 SM 2120 B Ed 23	0,00 - 1.000 uPt Co
Conductividad Eléctrica	53,1	µS/cm a 25°C	±0,9		PT-07 SM 2510 B Ed 23	0,1 - 199.900 µS/cm a 25°C
pH	7,55		±0,10		PT-08 SM 4500 B Ed 23	1,00 - 14,0
Temperatura	20,2	°C	±1,4		PT-15 SM 2550 B Ed 23	4,0 - 96,0 °C
Turbidez	0,95	NTU	±0,08		PT-20 SM 2130 B Ed 23	0,20 - 750 NTU
Microbiología						
Coliformes Fecales	29,0	NMP/100mL	-		PT-14 SM 9223 A, B (Colisure) Ed 23	1,00 - 1,00 x 10 ⁶ NMP/100ml
Escherichia Coli	29,0	NMP/100mL	-		PT-14 SM 9223 A, B (Colisure) Ed 23	1,00 - 1,00 x 10 ⁶ NMP/100ml

Nota: Los Resultados de este Informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este Informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las Incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(*) El Límite de Cuantificación (LC) es el menor número de unidades viables que puede ser detectado con un nivel de confianza del 95%.

4. Parámetros de diseño

SISTEMA DE AGUA POTABLE: PARÁMETROS DE DISEÑO							
Nombre del proyecto							
Acueducto de Monserrat Cascajal de Coronado							
Nombre del o los profesionales responsables:							
1	_____	carné	_____				
2	_____	carné	_____				
3	_____	carné	_____				
localización del proyecto						Fecha día/mes/año	
Provincia	San José						
Cantón	Vazquez de Coronado						
Distrito	Cascajal						
Número de viviendas		Hacinamiento	Dotación según unidades de consumo equivalente	Caudal promedio (L/s)	Caudal máximo diario (l/s)	Caudal Maximo horario (l/s)	Caudal coincidente (l/s)
818		5	200	1,89	2,27	4,09	

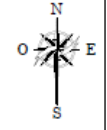
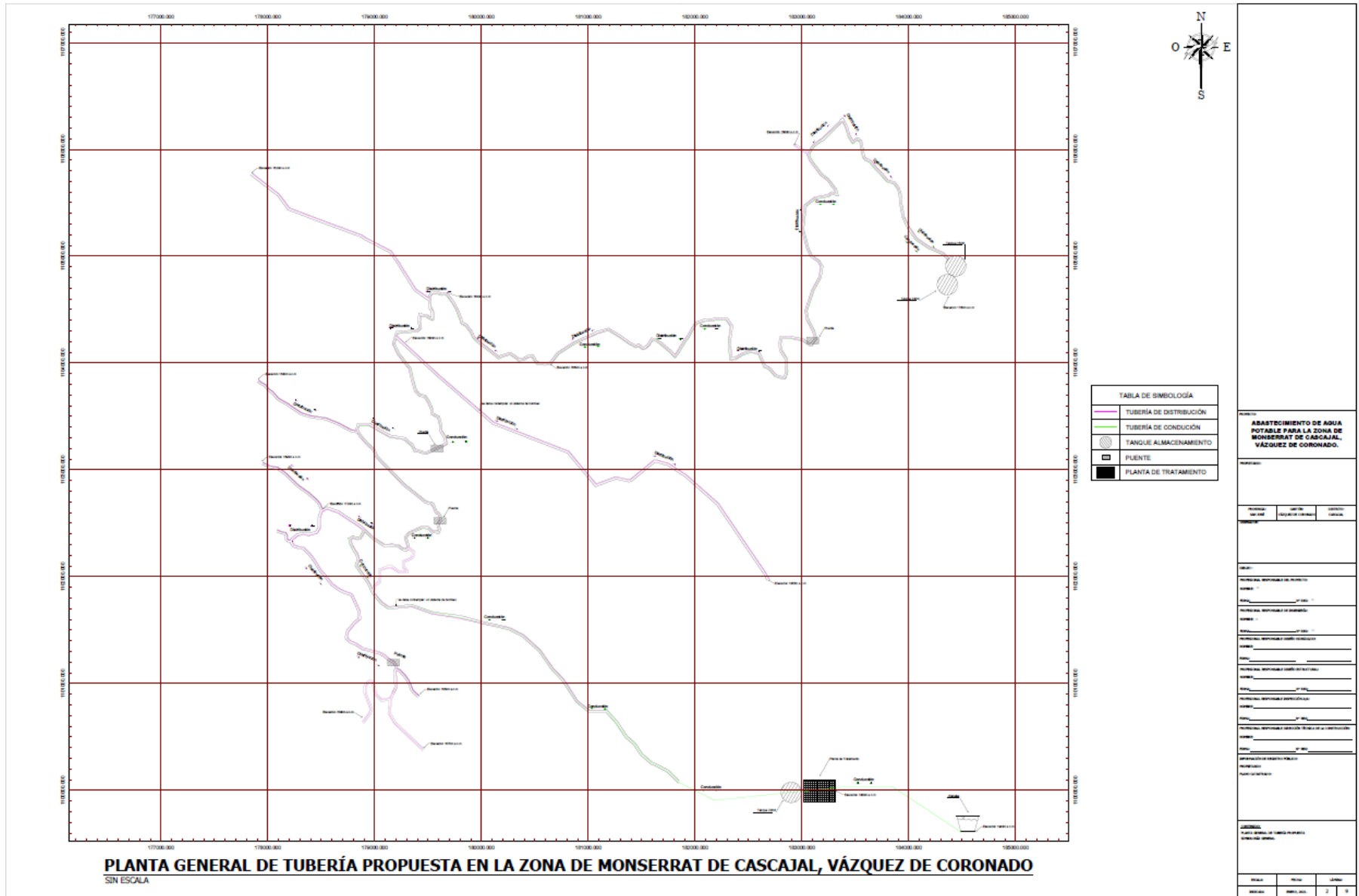


TABLA DE SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN
	TANQUE ALMACENAMIENTO
	FUENTE
	PLANTA DE TRATAMIENTO

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA DE MONSERRAT DE CASCAJAL, VÁZQUEZ DE CORONADO.

Nombre: _____

Proyecto: _____

Fecha: _____

Elaborado por: _____

Revisado por: _____

Verificado por: _____

Aprobado por: _____

Escalera: _____

Hoja: _____ de _____

Proyecto: _____

Fecha: _____

Elaborado por: _____

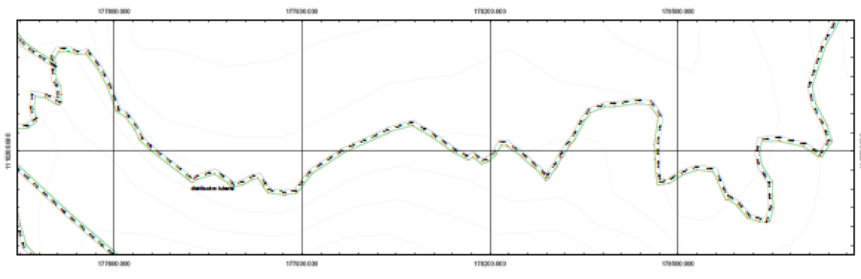
Revisado por: _____

Verificado por: _____

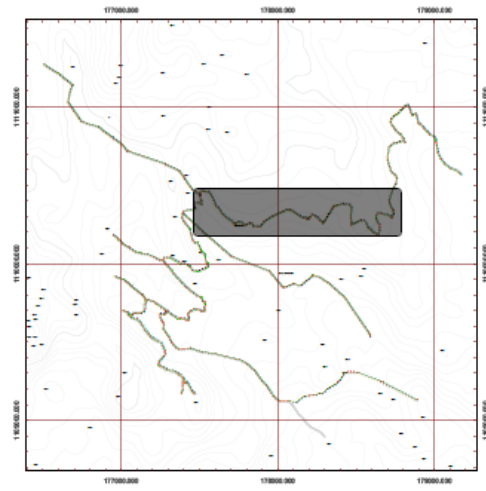
Aprobado por: _____

Escalera: _____

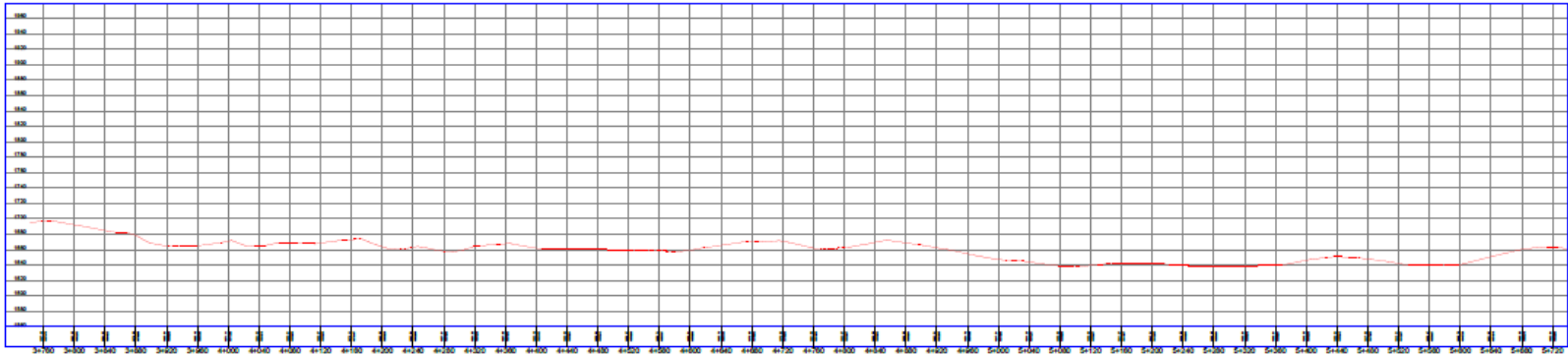
Hoja: _____ de _____



PLANTA DE TUBERÍA PROPUESTA DEL EST. 3+760 HASTA 5+720
 ESCALA 1:2000



PLANTA DE UBICACIÓN DEL EST. 3+760 HASTA 5+720
 SIN ESCALA



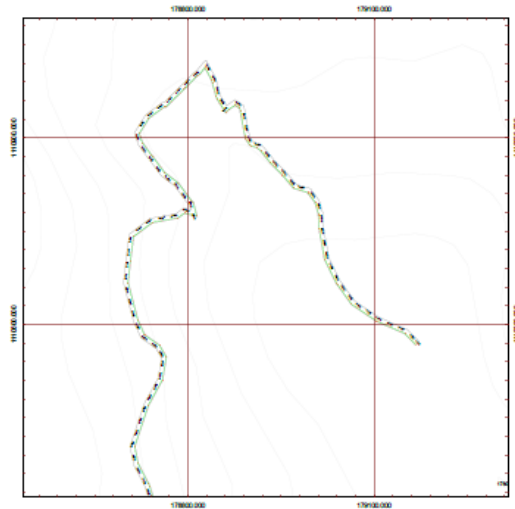
PERFIL DE TUBERÍA PROPUESTA DEL EST. 3+760 HASTA 5+720
 ESCALA HORIZONTAL: 1:2000 ESCALA VERTICAL: 1:2000

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA DE BONDURÉT DE CASCAJAL, VÁZQUEZ DE CORONADO.

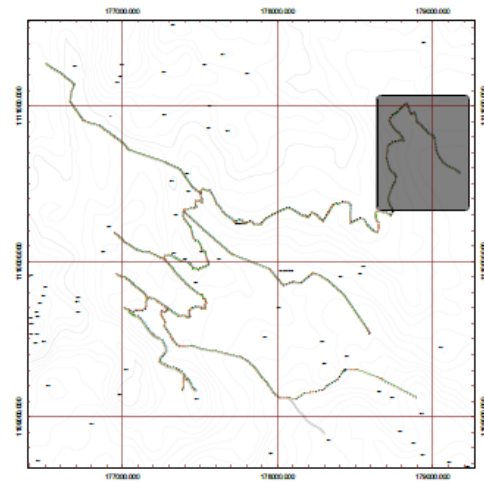
PROYECTO	FECHA	ESTADO
	2023/05/05	VERACRUZ

PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO

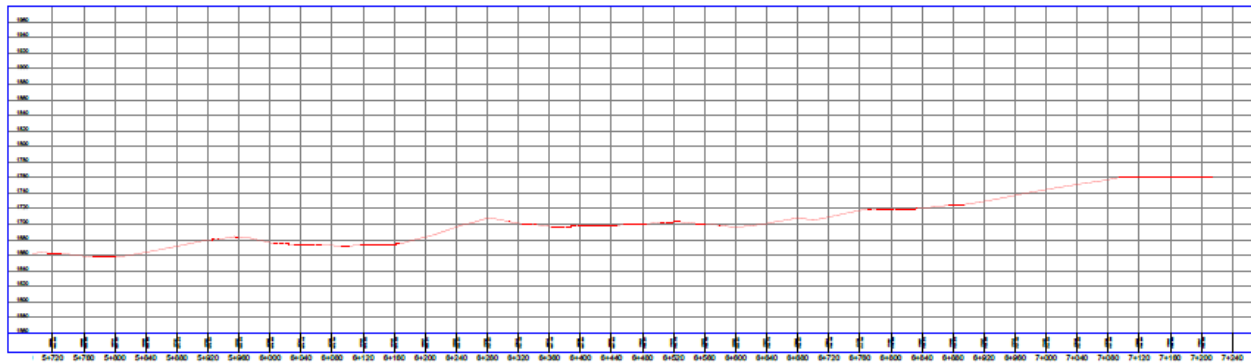
PROYECTO	FECHA	ESTADO
PROYECTO	FECHA	ESTADO



PLANTA DE TUBERÍA PROPUESTA DEL EST. 5+720 HASTA 7+214
 ESCALA 1:2000



PLANTA DE UBICACIÓN DEL EST. 5+720 HASTA 7+214
 ESCALA 1:2000



PERFIL DE TUBERÍA PROPUESTA DEL 5+720 HASTA 7+214
 ESCALA HORIZONTAL 1:2000 ESCALA VERTICAL 1:200

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA DE MONSIEUR DE CABALLA, VÁZQUEZ DE CORONADO.

PROYECTO: _____

FECHA: _____

ELABORADO POR: _____

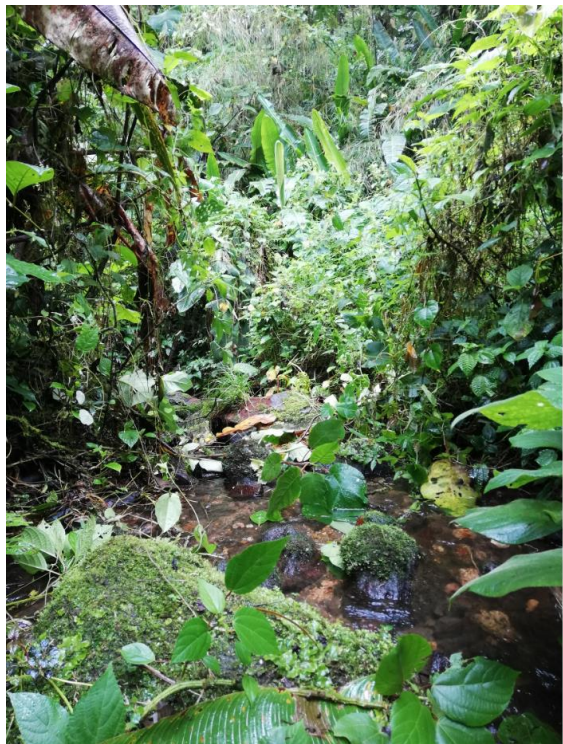
REVISADO POR: _____

APROBADO POR: _____

ESCALA: _____

NO. HOJA	TITULO	FECHA
01	PROYECTO	2014

6. Fotografías Quebrada Grande



6. Fotografías de tomas de aforos en Quebrada Grande

