



Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua - PUEAA - Para Solicitud de Concesión de Agua de Las Quebradas La Fonda y San Isidro, en el Municipio de La Estrella, Antioquia

Natalia Julieth Araque Restrepo

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Sanitario

Asesoras

Diana Cristina Atehortúa – Ing. Sanitaria y Civil

Marcela López Giraldo – Ing. Civil

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Sanitaria

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	(Araque Restrepo, 2021)
Referencia	Araque Restrepo N. J. (2021). <i>Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua - PUEAA - Para Solicitud de Concesión de Agua de Las Quebradas La Fonda y San Isidro, en el Municipio de La Estrella, Antioquia</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de Contenido

Resumen	7
1. Introducción	8
2. Objetivos	10
2.1. Objetivo General.....	10
2.2. Objetivos Específicos	10
3. Marco Teórico	11
3.1. Balance Hídrico	11
3.2. Calidad del agua	12
3.3. Índice de Agua no Contabilizada.....	12
3.4. Macro-medición.....	12
3.5. Micro-medición	13
3.6. Normatividad	13
3.6.1. Decreto 1090 de 2018	13
3.6.2. Ley 373 de 1997	13
3.6.3. Resolución 0330 de 2017	13
3.7. Pérdidas físicas y no físicas	14
3.7.1. Pérdidas físicas	14
3.7.2. Pérdidas no físicas.....	14
3.8. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)	14
3.9. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	15
4. Metodología	16
4.1. Estandarización de la información	16
4.2. Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua:	16
4.2.1. PUEAA PTAP San José – Meleguindo.....	16
4.2.2. PUEAA Sistema de Abastecimiento San Isidro.....	20

4.3.	Campañas de sensibilización ambiental	20
4.4.	Capacitaciones Técnicas y Operativas	20
5.	Resultados y Análisis	21
5.1.	Catastro de Redes	21
5.1.1.	Redes de acueducto.	21
5.1.2.	Redes de alcantarillado.....	22
5.2.	Diagnóstico de los Sistemas de Acueducto y sus Fuentes Hídricas de Captación	23
5.3.	Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua	23
5.3.1.	PUEAA PTAP San José – Meleguindo.....	23
5.3.2.	PUEAA Sistema de Abastecimiento San Isidro.....	31
5.3.3.	Campañas De Educación Ambiental.....	35
5.3.4.	Capacitaciones Técnicas y Operativas.	37
6.	Conclusiones	39
7.	Referencias Bibliográficas	40

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Ciclo Hidrológico</i>	11
Figura 2. <i>Esquema de un sistema de tratamiento de agua potable</i>	15
Figura 3. <i>Descripción Redes de Acueducto San José – Meleguindo.</i>	22
Figura 4. <i>Descripción Redes de Alcantarillado San José - Meleguindo</i>	23
Figura 6. <i>Departamento de Antioquia</i>	24
Figura 5. <i>Municipios Área Metropolitana</i>	24
Figura 7. <i>Veredas Municipio La Estrella</i>	24
Figura 8. <i>Bocatoma</i> Figura 9. <i>Desarenador</i>	26
Figura 10. <i>Filtros</i> Figura 11. <i>Desinfección</i>	26
Figura 12. <i>Macromedición</i>	26
Figura 13. <i>Descripción Tren de Tratamiento</i>	27
Figura 14. <i>Diseño Bocatoma Planta San José – Meleguindo</i>	28
Figura 15. <i>Delimitación Cuenca.</i>	29
Figura 16. <i>Ciclo anual de precipitaciones de las estaciones La Estrella, Envigado y Sabaneta</i> ..	30
Figura 17. <i>Bocatoma</i> Figura 18. <i>Ingreso Bocatoma</i>	32
Figura 19. <i>Desarenador</i> Figura 20. <i>Acceso punto de Captación</i>	33
Figura 21. <i>Delimitación Cuenca San Isidro</i>	34
Figura 22. <i>Capacitación Ambiental</i>	36
Figura 23. <i>Capacitación Ambiental</i>	36
Figura 24. <i>Infogramas</i>	37
Figura 25. <i>Capacitación Técnica a los Operarios</i>	38

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Datos Concesión Caudal</i>	25
Tabla 2. <i>Resultados Calidad Agua Tratada</i>	28
Tabla 3. <i>Resultados Delimitación Cuenca</i>	29
Tabla 4. <i>Resultados Cálculos</i>	30
Tabla 5. <i>Datos Concesión Caudal</i>	32
Tabla 6. <i>Resultados Calidad de Agua Tratada</i>	33
Tabla 7. <i>Resultados Delimitación Cuenca</i>	34

Plan De Uso Eficiente y Ahorro Del Agua - PUEAA - Para Solicitud de Concesión de Agua de Las Quebradas La Fonda y San Isidro, en el Municipio de La Estrella-Antioquia

Resumen

Como consecuencia del cambio climático, el deterioro de los ecosistemas y del desbordado crecimiento poblacional, nos vemos en la obligación de poner en marcha las herramientas que permitan planear y contribuir con la conservación y preservación de los recursos naturales. Los Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA) son la estrategia planteada por el Gobierno Nacional para el uso y cuidado de las fuentes hídricas a nivel ambiental y a nivel socio humanístico, por tal motivo, La Estrella S.A. E.S.P. como empresa prestadora de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, debió presentar ante la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA, los programas y actividades a desarrollar durante los siguientes cinco (05) años, en aras de garantizar la estabilidad del recurso y obtener la concesión para la captación y aprovechamiento del mismo.

Dentro de este plan se identificó el porcentaje de pérdidas y el índice de agua no contabilizada tomando en cuenta la diferencia entre la cantidad de agua registrada por el macro medidor ubicado en la salida de la planta de potabilización y el consumo mensual de los usuarios registrado por cada micro medidor (Quebrada La Fonda - PTAP San José – Meleguindo) asimismo, se realizó el balance hídrico para cada una de las cuencas con ayuda de los sistemas de información geográfica SIG, con el fin de identificar la oferta generada por las condiciones climáticas de la zona como la temperatura, la precipitación anual, la evapotranspiración teórica, y las características particulares de la cuenca tales como la geomorfología, el suelo y vegetación (escorrentía) y el área tributaria. Adicionalmente, se dejaron consignadas las actividades a desarrollar como la siembra de árboles nativos y sensibilización visual y verbalmente a la comunidad que promuevan el cambio de hábitos no sostenibles de uso del recurso.

La información necesaria se recolectó mediante visitas de campo, de manera directa a través del personal técnico que conoce la dinámica poblacional de la zona los cuales son los encargados de llevar a cabo los procesos requeridos para la prestación y buen funcionamiento del servicio, además del área administrativa de la empresa encargada de las bases de datos de usuarios que conforman el estado financiero a través de la facturación de los servicios prestados.

1. Introducción

La Constitución Política de Colombia en sus artículos 79 y 80 establece que, es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica fomentando la educación ambiental, para garantizar el derecho de las personas a gozar de un ambiente sano, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Es su deber prevenir, controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados (Constitución Política de Colombia, 1991).

Como parte del desarrollo social, aumentando los índices de calidad de vida de las personas en cuanto a temas de salud y salubridad, aparece el abastecimiento de agua potable, la cual, ha reducido entre un 6% y 21% (OMS, 2015) las tasas de mortalidad por enfermedades de origen hídrico como la diarrea, sin embargo, la calidad más la cantidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, debido al impacto en la salud de la población ocasionado por la poca conciencia ambiental en cuanto a conservación y protección de las fuentes.

La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH), se expide en 2010 con el objetivo de garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico mediante la gestión y el uso eficiente del agua, articuladamente con los planes de ordenamiento, los usos del territorio, a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social.

En Colombia, es necesario cumplir con determinados estándares de calidad de agua, establecidos en la Resolución 2115 de 2007, con el fin de que ésta sea apta para consumo humano. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), una persona debe consumir en promedio 100 litros de agua para satisfacer sus necesidades tanto de consumo como de higiene.

El agua juega un papel fundamental en el establecimiento de la vida y en el desarrollo de actividades antrópicas que impulsan el crecimiento económico de una región, lo cual ha generado una mayor presión sobre el recurso hídrico comprometiendo así su disponibilidad, tanto en términos de calidad como de cantidad. Sumado a esto, el cambio climático que como lo menciona NOAA (2003), es el reflejo de la interacción entre la tierra, el océano y la atmosfera, conduce a una intensificación de eventos extremos, es decir, a un exceso o deficiencia en la disponibilidad del recurso hídrico en determinadas épocas del año, que pone en riesgo el funcionamiento de los ecosistemas y los servicios ambientales derivados de éstos están alterando el régimen de precipitación a nivel global.

Tomando en cuenta la importancia que tienen el cuidado y la conservación de las fuentes hídricas, tanto a nivel socio humanístico como a nivel ambiental, y contribuyendo a que el uso del agua se

realice de manera sostenible, como medida de prevención y protección de las fuentes hídricas para garantizar el recurso en el futuro, en Colombia, la Ley 373 de 1997 y el Decreto 1090 de 2018, establecen el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, decretando que, se deben elaborar e implementar un conjunto de acciones y/o proyectos que permitan optimizar el uso del agua en entidades como empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios, producción hidroeléctrica, riego, drenaje y demás usuarios del recurso hídrico; además, el deber de las autoridades ambientales y corporaciones autónomas regionales, en la aprobación de la implantación y vigilancia en la ejecución de dichos programas.

Es importante mencionar que, a nivel mundial, la OMS declara a escala de pandemia el 30 de enero de 2020 (OMS, 2020) la propagación del Coronavirus SARS-CoV-2, y de manera más puntal, en Colombia el Gobierno Nacional, en manos del Ministerio de Salud y Protección Social, el 12 de marzo de 2020, declaró la emergencia sanitaria en todo el territorio nacional, por la enfermedad que afecta a las personas con resfriado común con posibles complicaciones por afección grave al sistema respiratorio. Por lo anterior, se han colapsado los sistemas hospitalarios, ha aumentado la demanda hídrica y ha obligado a los seres humanos a cambiar los hábitos de salubridad. Hasta la fecha, se registran a nivel mundial 1,97M de muertes a raíz de este virus, a nivel nacional alrededor de 46.000 muertes (MSPS, 2020), motivo por el cual se ha dificultado el normal desarrollo de las actividades, ya que, con el fin de reducir y evitar la propagación del virus se han cancelado los eventos y reuniones que convoquen grandes masas en lugares de menor tamaño.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Formular el Plan de Uso Eficiente y Ahorro del Agua (PUEAA), con el fin de mejorar los índices de agua no contabilizada IANC y dar cumplimiento a la Ley 373 de 1997 y al Decreto 1090 de 2018 revisado por la autoridad ambiental Corantioquia.

2.2. Objetivos Específicos

Estandarizar la información asociada a la ubicación y las características de las redes tanto de acueducto como de alcantarillado en la ruta de abastecimiento por la planta de potabilización San José - Meleguindo.

Efectuar un diagnóstico de las fuentes hídricas de las cuales se hace captación y de la infraestructura existente mediante la cual se trata, almacena y distribuye el agua para el abastecimiento de la población conectada al sistema de acueducto de las veredas San José – Meleguindo y San Isidro.

Generar mediante campañas de sensibilización una mayor conciencia ambiental en las personas que hacen uso del recurso en los sectores abastecidos por la Estrella S.A. E.S.P.

Realizar capacitaciones técnicas y operativas al personal de la empresa considerando la normatividad actual vigente, específicamente el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (Resolución 0330 de 2017).

3.2. Calidad del agua

La calidad del agua se define de acuerdo con el uso que vaya a dársele, en este caso, se abordará la importancia que tiene la calidad del agua para consumo humano. El mayor impacto sobre la salud pública se da a través de los sistemas de abastecimiento de agua; la alteración de las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas de la fuente de abastecimiento incide directamente sobre el nivel de riesgo sanitario presente en el agua (CEPIS, 2002), el cual se define como el riesgo de transportar agentes contaminantes que puedan causar enfermedades de origen hídrico al hombre y los animales o alterar el normal desempeño de las labores dentro del hogar (Sabogal, 2000).

La preocupación por garantizar una adecuada calidad del agua con el fin de que ésta sea apta para el consumo humano no debe enfocarse solo al cumplimiento de las características básicas como turbiedad, color, pH, cloro residual, coliformes totales y E. Coli, sino también a aquellas características de interés en salud pública exigidas por el mapa de riesgo o la autoridad sanitaria, tal como está establecido en el artículo 21 de la Resolución 2115 de 2007 (MPS, 2008). Ésta la importancia radica en que, los efectos por exposición a sustancias químicas se reflejan después de largos tiempos de exposición dado que éstos tienden a bioacumularse y a biomagnificarse, mientras que, los contaminantes microbiológicos se presentan en menor tiempo y suelen tener efectos más agudos.

3.3. Índice de Agua no Contabilizada

En Colombia, el nivel máximo de agua no contabilizada permitido por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) en el proceso de distribución es de 30%, valor que, en pequeños municipios, puede ser alcanzado fácilmente, con una mínima inversión y con una gestión a largo plazo (MDE, 1996). Por otra parte, los costos de agua recuperada se pueden utilizar para realizar una mayor inversión en la infraestructura del acueducto, extender las redes de acueducto a toda la población, mejorar el nivel de presión en toda la red para mejorar la continuidad del servicio y obtener una mejor eficiencia en el sistema.

3.4. Macro-medición

Para una adecuada gestión del agua se debe hacer uso de la medición de los caudales utilizados en los diferentes lugares del sistema de abastecimiento: salida bocatoma, entrada y salida de la planta de tratamiento de agua, entrada y salida de tanques de almacenamiento, etc. (RAS, 2000).

3.5. Micro-medición

El micromedidor es un dispositivo mecánico que conectado a la acometida de las viviendas permite determinar el volumen de agua (consumo) que ingresa a las viviendas (RAS 2000).

3.6. Normatividad

3.6.1. Decreto 1090 de 2018

Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el programa para el Uso Eficiente Y Ahorro Del Agua y otras disposiciones (MADS, 2018).

3.6.2. Ley 373 de 1997

La presente ley tiene por objeto disponer las reglas y principios que rigen los Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua. (Senado de la república de Colombia, 1997).

3.6.3. Resolución 0330 de 2017

Expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

Aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico (MVCT, 2017).

3.7. Pérdidas físicas y no físicas

3.7.1. Pérdidas físicas

Corresponden a pérdidas por fugas o daños en las redes de distribución, la cual no llega a ser consumida por los usuarios ya sea porque se filtra a la superficie desde los tanques de almacenamiento o directamente desde las redes de conducción y distribución (MADS, 2018).

3.7.2. Pérdidas no físicas

También conocidas como pérdidas comerciales, corresponden al agua que es consumida pero no está registrada, por lo tanto, no es facturada, es decir, el agua que no se contabiliza y la que se utiliza en el proceso de potabilización. Para estos programas se debe tener claridad en las políticas y las acciones a tomar e involucrar tanto a los funcionarios de la empresa, como a la comunidad que se beneficia del servicio (MADS, 2018).

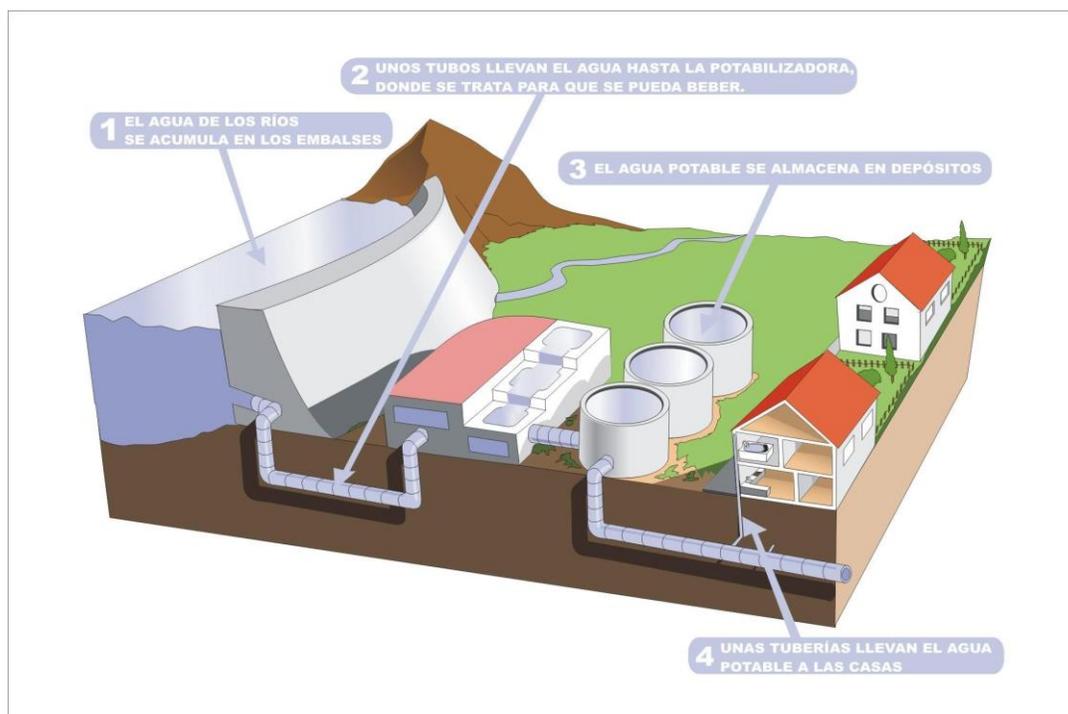
3.8. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

Una PTAP es un conjunto de instalaciones destinadas a mejorar la calidad de agua mediante procesos físicos y químicos. Estas instalaciones son obras civiles que se construyen en acero, mampostería, concreto o en fibra de vidrio, las cuales se encuentran conectadas a la red de aducción que transporta el agua cruda desde el sistema de captación ubicado en el yacimiento con el fin de ofrecerla en condiciones aptas para el consumo humano (RAS, 2000).

Cada planta se adecúa para tratar aguas con distintas características como turbiedad, caudal y color. Es importante conocer con anticipación el tipo de agua a tratar para proveer la solución más conveniente, así como también la más económica en términos de mantenimiento.

El agua cruda es captada mediante la bocatoma, la cual cumple la función de represar el agua, el desarenador que se encarga de hacer el primer filtro al agua sedimentando arenas y partículas de mayor tamaño, la red de aducción que es la tubería que transporta el agua hasta la PTAP, donde se encuentran las bombas de aire, se realiza el proceso fisicoquímico de la floculación para aglutinar los sólidos suspendidos, luego se encuentran los filtros encargados de la remoción de sólidos, se pasa al punto de desinfección y por último se almacena para ser distribuida. Dependiendo del tipo de planta y de la calidad del agua de la fuente se pueden fabricar con distintos procesos de tratamiento y alcanzar así los indicadores de calidad que hacen el agua apta para consumo en las comunidades (RAS, 2000).

Figura 2. Esquema de un sistema de tratamiento de agua potable



Nota: Representación Gráfica STAP. Fuente: RAS 2000

3.9. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los SIG son el conjunto de componentes específicos que permiten crear consultas, integrar, analizar y representar de manera eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada y asociada a un territorio. La información geográfica es aquella información que tiene algún componente espacial, una ubicación y, además una información atributiva que nos detalle más sobre ese elemento en cuestión, dicha ubicación se podrá definir con un nombre de una calle, por ejemplo, o coordenadas espaciales.

El uso de este tipo de sistemas facilita la visualización de los datos obtenidos en un mapa con el fin de reflejar y relacionar fenómenos geográficos de cualquier tipo, desde mapas de carreteras hasta sistemas de identificación de terrenos agrícolas o de densidad poblacional. Además, permiten realizar consultas y representar los resultados en sitios web y dispositivos móviles de un modo ágil e intuitivo, con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión, convirtiéndose en una herramienta muy útil en la toma de decisiones (Víctor Olaya, 2016).

4. Metodología

La metodología empleada para el desarrollo del proyecto se basó en visitas de campo, toma de registro fotográfico, investigación y recopilación de datos del sector en cual se desarrolló cada actividad. Asimismo, es importante mencionar que se contó con el apoyo técnico y operativo, además del personal administrativo. A continuación, se describen las actividades realizadas para el alcance de cada uno de los objetivos planteados.

4.1. Estandarización de la información

La información se estandarizó de acuerdo a la ubicación y las características de las redes tanto de acueducto como de alcantarillado, esto, debido a que el conocimiento que se tiene actualmente en cuanto al catastro de redes no se encuentra documentado y se basa en el conocimiento práctico por parte del señor César Barrera, operario del sistema, no se cuenta con planos de estructurales ni de diseño de las redes de acueducto y alcantarillado. Por tal motivo se pretende mediante el desarrollo de 4 visitas de campo identificar las diferentes características de estado y funcionamiento de las redes, tales como presión, material de la tubería, coordenadas de los puntos de muestreo, cantidad de válvulas, cambios de sección, etc.

Con el fin de sistematizar y consolidar la información se pretende mediante la plataforma Hydrocaz, facilitar de manera rápida el acceso a los componentes que poseen tanto las redes de acueducto como las alcantarillado que distribuyen y transportan las aguas de la vereda San José - Meleguindo, para esto fue necesario caracterizar la zona, ubicar las coordenadas mediante GPS, tener claro tanto el diámetro como el material de los tramos de tuberías, las pendientes, y cambios de secciones, además de los accesorios de acueducto como válvulas de cierre, presión, ubicación de los puntos de muestreo, de los reservorios, cámaras de inspección y aliviaderos de la red de alcantarillado.

4.2. Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua:

El objetivo principal del proyecto fue formular los PUEAA para la fuente que abastece la Planta de Tratamiento de Agua Potable de San José – Meleguindo, quebrada la Fonda y para la fuente que surte el Sistema de Abastecimiento de la Vereda San Isidro, quebrada que recibe el mismo nombre, la metodología utilizada fue la siguiente:

4.2.1. PUEAA PTAP San José – Meleguindo.

4.2.1.1. Infraestructura.

Se llevaron a cabo visitas técnicas a la bocatoma con el fin de conocer la infraestructura existente, el tipo de captación, el desarenador, el estado de la red de aducción, se tomó registro fotográfico de la infraestructura y de los alrededores, se observaron las características del suelo, vegetación, se identificaron los posibles peligros por erosión o por fuentes de contaminación y se dejó consignada la información en el PUEAA.

Adicionalmente, se identificó el tren de tratamiento que se desarrolla para la potabilización del agua, y se verificaron los resultados de laboratorio tanto de los análisis fisicoquímicos como de los microbiológicos del agua cruda y del agua tratada.

4.2.1.2. Balance Hídrico.

Se realizó el Balance Hídrico de la fuente, para esto, se solicitó el mapa de la zona al Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC con el fin de geo-referenciar y delimitar la cuenca a través del programa Arc-Gis, y obtener el área.

Teniendo en cuenta la temperatura promedio del aire en °C y los datos de precipitación de la zona tomados de las estaciones pluviométricas instaladas por la Red Piragua, se calculó la evapotranspiración teórica mediante el método Turc (Ecuaciones 1, 2 y 3), con estos datos se obtuvo el caudal en L/s que transporta la cuenca.

$$ETP = \left(\frac{P}{0.9 + \frac{P^2}{L(t^2)}} \right)^{0.5} \quad \text{Ecuación 1.}$$

Dónde:

$$L(t) = 300 + 25t + 0.05t^2 \quad \text{Ecuación 2.}$$

t: Temperatura media mensual del aire en °C.

Este método sólo es válido si se cumple la condición de:

$$\frac{P^2}{L(t)^2} \geq 1, \text{ En caso contrario } ETP = P$$

Dónde

ETP: Evapotranspiración

P: Precipitación

La ecuación utilizada para obtener los caudales medios de largo plazo es:

$$Q = (P - ETR) * A \quad \text{Ecuación 3.}$$

Donde

Q: Caudal L/s

P: Precipitación (mm/día)

ETR: Evapotranspiración Real (mm/día)

A: Área (m²)

4.2.1.3. Obra de Control.

La bocatoma es llamada obra de control puesto que, permite captar el caudal concesionado por la autoridad ambiental que, para ésta planta es de 1,4884 L/s, los planos de esta infraestructura no se tenían de forma digital, por lo que fue necesario a partir de la información recolectada y mediante un software de dibujo, en este caso AutoCAD, elaborar el plano del diseño de este componente y se envió como anexo a CORANTIOQUIA al momento de entregar el PUEAA para su aprobación.

La bocatoma está conformada por los siguientes elementos:

4.2.1.3.1. Presa.

Su cota superior está al mismo nivel de la cota del fondo de la quebrada. Se debe verificar el caudal de diseño, la presa y la garganta de la bocatoma se diseñan como un vertedero rectangular, con doble contracción, cuya ecuación corresponde a:

$$Q = 1.84LH^{1.5} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Fuente de captación: Quebrada la fonda

Caudal: $Q = 1.4884$ L/s, el ancho del canal $L = 1.20m$

Para determinar el valor de la lámina de agua para las condiciones de diseño, se despeja el valor de H así:

$$H = \left(\frac{Q}{1.84L}\right)^{2/3} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$H = \left(\frac{0.0014884 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 * 1.20m}\right)^{2/3}$$

$$H = \left(\frac{0.0014884 \text{ m}^3/\text{s}}{1.84 * 1.20m}\right)^{2/3}$$

$$H = (0.0006749)^{2/3} = 0.00750 \text{ m} = 0.75 \text{ cm}$$

4.2.1.3.2. Enrocado superior e inferior.

Tiene como objetivo proteger de la erosión la bocatoma.

4.2.1.3.3. Muros Laterales.

Encauzan el agua hacia la rejilla y protegen los taludes.

4.2.1.3.4. Rejilla.

Situada sobre el canal de aducción que se encuentra dentro de la presa, se debe garantizar su limpieza y mantenimiento.

4.2.1.3.5. Canal de aducción.

Recibe el agua a través de la rejilla y entrega el agua captada a la cámara de recolección tiene una pendiente del 2% para dar la velocidad mínima adecuada.

4.2.1.3.6. Cámara de recolección.

En su interior se encuentra el vertedero de excesos lateral que entrega el agua a una tubería de excesos que regresa el agua al cauce.

4.2.1.4. Porcentaje de pérdidas.

El porcentaje de pérdidas que tiene la planta se encontró a través de los datos registrados mensualmente por el macro-medidor ubicado a la salida de la PTAP y el consumo mensual facturado a cada uno de los usuarios suscritos al servicio de acueducto mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Perdidas} = \frac{\text{Consumo macromedidor} - \text{consumo micromedidor}}{\text{Consumo macromedidor}} \times 100$$

Ecuación 6.

4.2.2. PUEAA Sistema de Abastecimiento San Isidro

4.2.2.1. Infraestructura.

Se llevaron a cabo visitas técnicas a la bocatoma con el fin de conocer la infraestructura existente, los componentes del sistema de captación, el estado de la red de aducción, se tomó registro fotográfico de la infraestructura y de los alrededores, se observaron las características del suelo, vegetación, se identificaron los posibles peligros por erosión o por fuentes de contaminación y se dejó consignada la información en el PUEAA.

Se identificó el tren de tratamiento, y se verificaron los resultados de laboratorio tanto de los análisis fisicoquímicos como de los microbiológicos del agua cruda y del agua tratada.

4.2.2.2. Balance Hídrico.

Con el propósito de realizar el balance hídrico de la fuente, se solicitó el mapa de la zona al Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC y de esta manera geo-referenciar y delimitar la cuenca a través del programa Arc-Gis. Teniendo en cuenta la temperatura promedio del aire en °C y los datos de precipitación de la zona se tomados de las estaciones pluviométricas instaladas por la Red Piragua, se calculó la evapotranspiración teórica mediante el método Turc (Ecuaciones 1, 2 y 3), con estos datos se obtuvo el caudal en L/s que transporta la cuenca.

4.3. Campañas de sensibilización ambiental

Conociendo la importancia del recurso hídrico como medio de desarrollo económico y de bienestar social, se realizó un encuentro pedagógico utilizando como apoyo la herramienta de Power Point y videos como material ilustrativo, se abordaron temas referentes al recurso hídrico, del impacto que generan las aguas residuales en los ecosistemas cuando la carga contaminante excede la capacidad de depuración natural del cuerpo hídrico y de los riesgos por inundación y avalancha que se tiene por disponer residuos sólidos en los mismos.

Al finalizar, con el objetivo de evaluar el impacto de la charla, se aclararon dudas y se le entregó a cada participante un infograma con recomendaciones para el ahorro y uso eficiente del agua, además, a través de la factura de los servicios públicos y de redes sociales se compartió información gráfica referente al ciclo hidrológico, resaltando el papel fundamental que juega la vegetación como ente de conservación en cuanto a calidad y cantidad del recurso.

4.4. Capacitaciones Técnicas y Operativas

Considerando que no todas las personas que laboran en la empresa recibieron una formación académica formal y dado a que su conocimiento en cuanto a la operación de los sistemas de acueducto ha sido desarrollado de forma empírica, se capacitó y se reforzaron temas como: conversión de unidades, aforo de caudales, actualización del reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000. Esto con el fin de que la empresa pueda tener un tiempo de reacción menor frente a cualquier eventualidad y de que los procesos que se llevan a cabo en las plantas de potabilización, en las redes de acueducto y alcantarillado que operan, se realicen de manera más eficiente y se mejore la comunicación entre el área operativa y el área administrativa.

5. Resultados y Análisis

5.1. Catastro de Redes

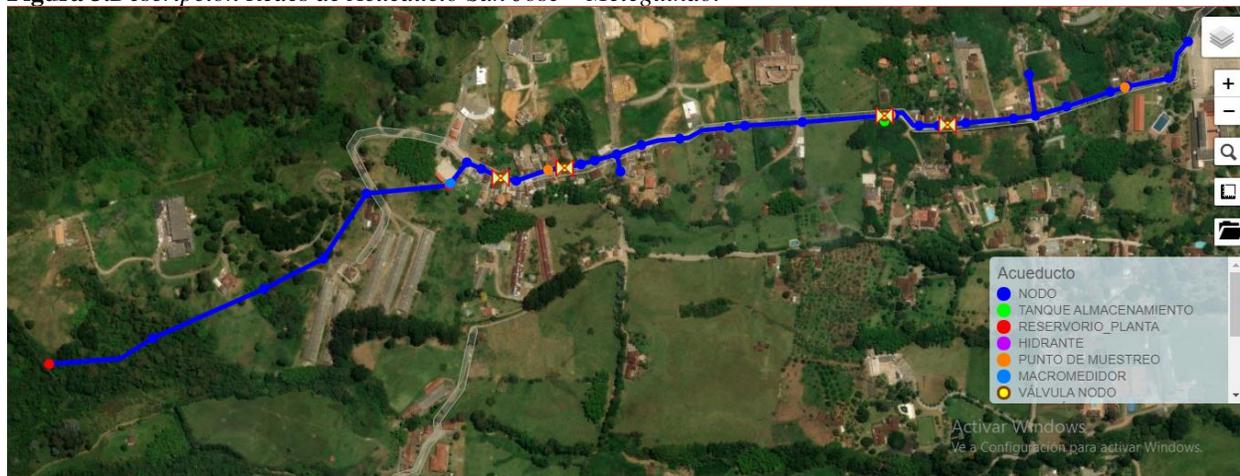
Se estandarizó la información asociada a la ubicación y las características de las redes tanto de acueducto como de alcantarillado en la ruta que abastece la planta de potabilización San José – Meleguindo a través de la plataforma **Hidrocaz “Redes Visibles”**, la cual resultó ser una herramienta útil por su fácil manejo, el manual de usuario es claro y conciso y es acorde a la necesidad de las empresas de servicios públicos que prestan servicio a pequeñas poblaciones.

5.1.1. Redes de acueducto.

La red de abastecimiento cuenta con un diámetro de 2”, las tuberías son en material de PVC con una longitud de 128 m, y en PEAD una longitud de 340 m paralela en su mayor parte, a la red de alcantarillado.

El acueducto beneficia a 141 suscriptores, en los recorridos realizados se detectaron los elementos necesarios para el buen funcionamiento, el sector cuenta con presión adecuada, cantidad, calidad y continuidad del servicio, además de mantener el pH y el cloro residual dentro de los parámetros establecidos por la norma Resolución 2115 de 2007.

Figura 3. Descripción Redes de Acueducto San José – Meleguindo.



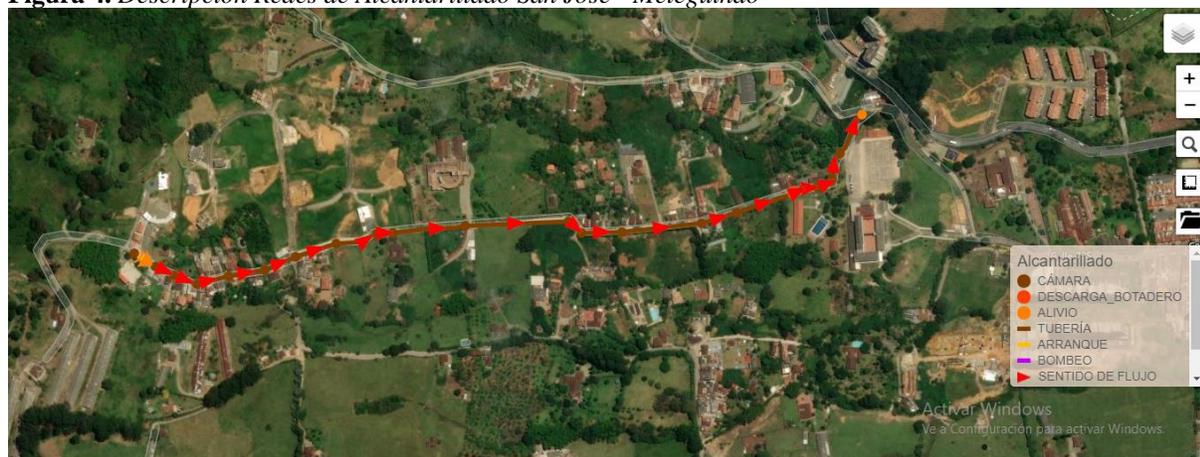
Nota: Catastro Redes de Acueducto San José. Fuente: Autor

5.1.2. Redes de alcantarillado.

Al estandarizar la información se encontró que, los primeros 128m no cuentan con cámaras de inspección, puesto que, luego de que se hiciera pavimentación de la vía, estos no quedaron visibles. El diámetro de la tubería es de 8" con material combinado por tramos de tubería en concreto y en Novafort.

La red de alcantarillado es una red combinada y opera con eficiente capacidad hidráulica. El diámetro y pendiente garantizan los esfuerzos cortantes y la velocidad necesaria para la auto limpieza de las redes, puesto que, no se presentan obstrucciones ni devolución de agua por sifones de las viviendas, se observan cámaras de inspección luego del nuevo punto de conexión del acueducto ubicado al frente de la Parcelación el Trapiche, además se tienen dos sumideros para la evacuación de las aguas lluvias.

Figura 4. Descripción Redes de Alcantarillado San José - Meleguindo



Nota: Catastro Redes de Alcantarillado San José. Fuente: Autor

5.2. Diagnóstico de los Sistemas de Acueducto y sus Fuentes Hídricas de Captación

Con el propósito de formular el PUEAA para la PTAP San José - Meleguindo y del Sistema de Abastecimiento San Isidro, se programaron un total de 6 visitas de campo en las cuales fue posible recolectar información acerca del estado de los puntos de captación, del componente ambiental que fortalece el cuerpo hídrico, de la infraestructura existente para la prestación del servicio, de las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua captada, de la oferta hídrica mediante el balance hídrico, de la demanda y del porcentaje de pérdidas.

5.3. Planes de Uso Eficiente y Ahorro del Agua

El resultado obtenido fue el documento que contenía la información requerida por el Gobierno Nacional mediante la Ley 373 de 2017 y el Decreto 1090 de 2018, el cual es revisado y aprobado por la Corporación Autónoma Regional CORANTIOQUIA, para dicho documento se obtuvo:

5.3.1. PUEAA PTAP San José – Meleguindo.

5.3.1.1. Nombre y localización.

La quebrada La Fonda está localizada sobre la ladera occidental, al sur del Valle de Aburrá cerca de las coordenadas planas con origen Magna Sirgas: 824.209 m Este y 1.172.338 m Norte, en el municipio de la Estrella, en el departamento de Antioquia.

Figura 6. *Departamento de Antioquia*



Figura 5. *Municipios Área Metropolitana*



Figura 7. *Veredas Municipio La Estrella*



5.3.1.2. Caudal otorgado por concesión (L/s).

Se otorgó 1.4884 L/s, para el funcionamiento del acueducto San José – Meleguindo distribuida de la siguiente manera:

Tabla 1. *Datos Concesión Caudal*

Nombre de la Fuente	Uso (s)	Total Caudal por uso (L/s)
La Frisolera (Código 4817) Alias La Fonda	Doméstico	1.4305
La Frisolera (Código 4817) Alias La Fonda	Pecuario	0.0579
Total Caudal		1.4884

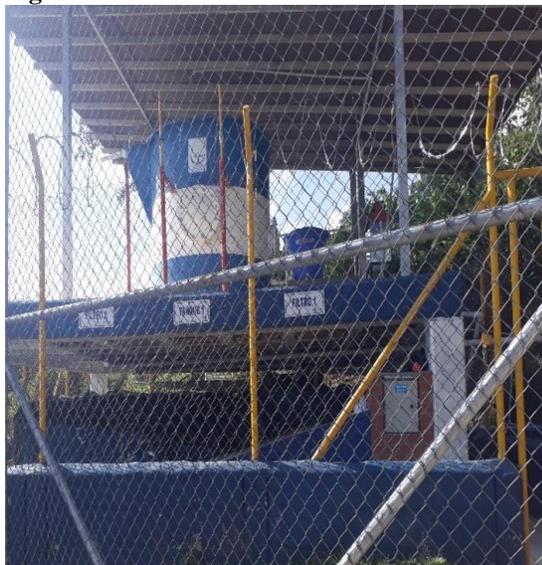
Nota: Datos Tomados de la Resolución de Concesión

5.3.1.3. Descripción del tren de tratamiento realizado en la planta de potabilización

El tren de tratamiento para la potabilización inicia en el punto de captación, ésta se realiza desde una bocatoma de fondo, protegida por la vegetación nativa de la zona, se retira material de mayor tamaño, como hojas, a través de las rejillas ubicadas en la bocatoma.

Se hace la regulación de presión y control de flujo a través de 3 válvulas reguladoras, posteriormente, el agua llega al tanque desarenador convencional con el propósito de sedimentar las partículas en suspensión por la acción de la gravedad, el agua cruda se transporta mediante la red de aducción hasta la planta de potabilización.

En la PTAP se hace el proceso de filtración ascendente por medio de los filtros de arena y antracita para la remoción de sólidos suspendidos, se realiza la dosificación de cloro líquido para su respectiva desinfección y por último pasa al tanque de almacenamiento para luego ser distribuida a los usuarios del acueducto San José- Meleguindo.

Figura 8. Bocatoma**Figura 9. Desarenador****Figura 10. Filtros****Figura 11. Desinfección****Figura 12. Macromedición**

Nota: Registro Fotografico Componentes Sistema de Acueducto Veredal San José. Fuente: Autor (2020)

Figura 13. Descripción Tren de Tratamiento

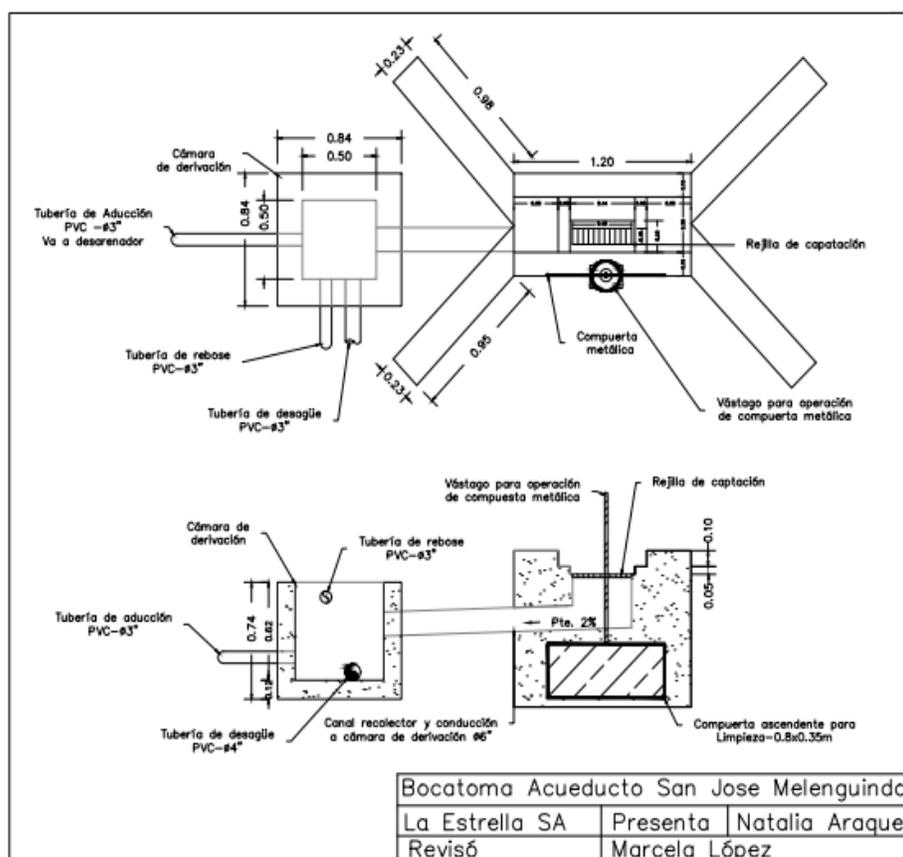


Nota: Descripción Tratamiento. Fuente: Autor (2020)

5.3.1.4. Descripción de la obra de control y sistema de medición para el caudal concesionado

El agua es captada a través de una rejilla colocada en la parte superior de la presa, que a su vez es direccionada en sentido normal de la corriente. El ancho de la presa es del ancho de la quebrada, bajo el diseño del siguiente esquema:

Figura 14. Diseño Bocatoma Planta San José – Meleguindo



Nota: Diseño Bocatoma. Fuente: Autor (2020)

5.3.1.5. Calidad de agua captada

Las muestras de laboratorio tomadas para el agua cruda tienen como resultado los datos de la siguiente tabla:

Tabla 2. Resultados Calidad Agua Tratada

pH	7.1	Unidades	
Turbiedad	1.4	NTU	Estos análisis se realizan dos veces por año. Las muestras se toman antes y después del sistema de tratamiento para potabilización.
Color Aparente	0.4	PT/Co	
Alcalinidad	78	mg/L CaCO ₃	
Conductividad	160	μs/cm	
Temperatura	18	°C	
<i>Escherichia Coli</i> , <i>npm</i>	252	U.F.C/100ml	
Sulfatos	<3	mg/L SO ₄	
Nitritos	<0.07	mg/L NO ₂	

Fuente: Autor

5.3.1.6. Oferta Hídrica.

Arc Gis arrojó como resultado el área de la cuenca delimitada, con los siguientes datos

Tabla 3. Resultados Delimitación Cuenca

Cuenca: Quebrada La Fonda	
Área (m ²)	122800.218
Longitud (m)	1776.991

Fuente: Autor

Figura 15. Delimitación Cuenca.

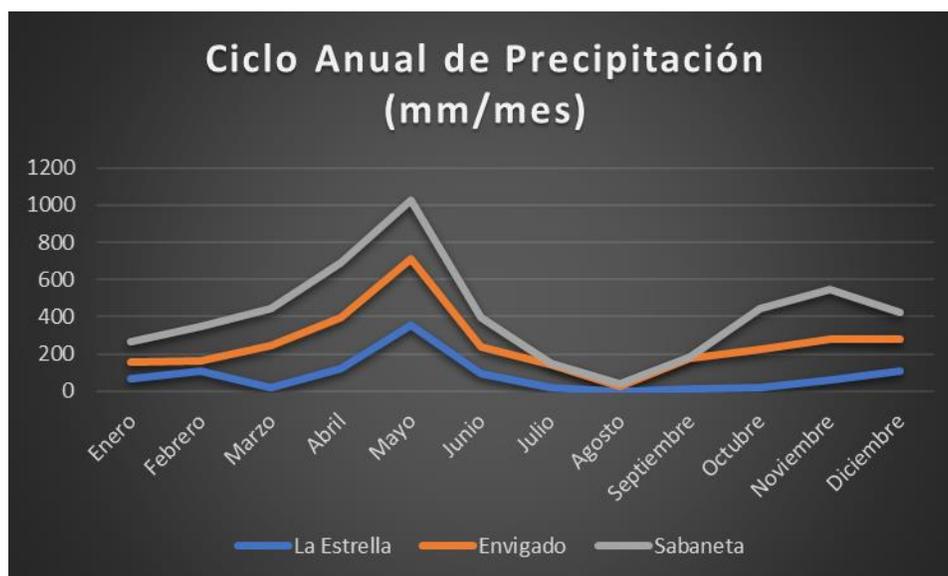


Nota: Delimitación Cuenca. Fuente: Autor (2020)

5.3.1.6.1. Distribución Espacial de la Precipitación.

El resultado de los datos del ciclo anual de precipitaciones con el fin de estimar el comportamiento de la lluvia a lo largo del año, fueron obtenidos de 3 estaciones pluviométricas instaladas por Corantioquia mediante la red de agua PIRAGUA, La Estrella (Pueblo Viejo), Sabaneta y Envigado, para el año 2019:

Figura 16. Ciclo anual de precipitaciones de las estaciones La Estrella, Envigado y Sabaneta



Nota: Ciclo Anual de Precipitación. Fuente: Autor (2020)

Se puede apreciar en la Figura 16, el comportamiento bimodal de las precipitaciones en el sur del Valle de Aburrá, donde se pueden observar picos de lluvia en los meses de mayo y octubre y periodos secos en enero y agosto.

A partir de los datos obtenidos se calculó el promedio aritmético de precipitación anual para el año 2019, con el método Turc, el valor de la evapotranspiración real y la escorrentía se calcula mediante de la diferencia del promedio aritmético de precipitación y el valor de la evapotranspiración ETR, arrojando los siguientes datos:

Tabla 4. Resultados Cálculos

Precipitación (mm/año)	1649.815
ETR (mm)	745.675
L(t)	825.402
Temperatura prom. (°C)	20.200
Verificar $P^2/L(t)^2 < 0.1$	3.995
Escorrentía total (mm)	904.140

Fuente: Autor

Mediante la ecuación 3 mencionada en la metodología, se obtiene el resultado del caudal que transporta la fuente:

$$Q = (904.14 \text{ mm/año}) * A$$

$$Q = (0.90413 \text{ m/año}) * 122800.218 \text{ m}^2$$

$$Q = 111028.5891 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q = 3.52 \text{ L/s}$$

Tomando en cuenta el agua que ingresa al sistema y las demandas sobre la fuente hídrica (consumos), el balance hídrico da como resultado:

$$\text{Balance Hídrico} = \text{Agua Entrada} - \text{Agua Sale}$$

$$\text{Balance Hídrico} = 3.52 \text{ L/s} - 1.4884 \text{ L/s} = \mathbf{2.0316 \text{ L/s}}$$

Este caudal de **2.0316 L/s** queda disponible en la cuenta, lo que representa un 58% del caudal total que queda disponible en el cuerpo del agua en un promedio anual.

5.3.1.7. Porcentaje de pérdidas.

El porcentaje de pérdidas se calculó a través de la Ecuación 6:

$$\% \text{ Perdidas} = \frac{(2344 - 1506) \text{ m}^3/\text{mes}}{2344 \text{ m}^3/\text{mes}} \times 100 = 35.75\%$$

El porcentaje de pérdidas se encuentra en un promedio estimado de 36%, tomando en cuenta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, el porcentaje de pérdidas no debe ser mayor al 25% (Art. 44. RES -330/2017), por lo que se hace necesario reducir este porcentaje en la planta y/o sistema de distribución.

5.3.2. PUEAA Sistema de Abastecimiento San Isidro

5.3.2.1. Nombre y Localización.

La quebrada San Isidro está localizada sobre la ladera oriental, al sur del Valle de Aburrá cerca de las coordenadas planas con origen Magna Sirgas: 122458542.414 m Este y 72948004.287 m Norte, en el municipio de la Estrella, en el departamento de Antioquia.

5.3.2.2. Caudal otorgado por concesión (L/s).

Se otorgó 0.8047 L/s, para el funcionamiento del abastecimiento San Isidro, distribuido de la siguiente manera:

Tabla 5. Datos Concesión Caudal

Nombre de la Fuente	Uso (s)	Caudal Total por uso (L/s)
San Isidro (Código 11320) Alias La Tablaza	Doméstico	0.0278
San Isidro (Código 11320) Alias La Tablaza	Doméstico	0.7769
Caudal Total		0.8047

Fuente: Autor

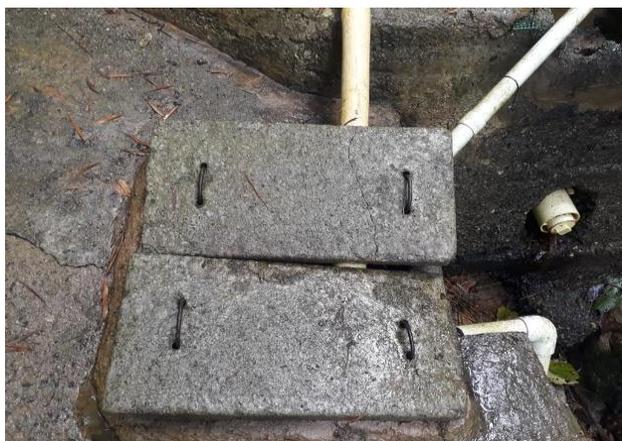
5.3.2.3. Descripción del tren de tratamiento realizado en la planta de potabilización.

La captación se realiza para el abastecimiento de agua cruda de los habitantes de la vereda San Isidro.

En el predio se cuenta con una planta para realizar los procesos de potabilización, de la cual no se hace uso, ya que, el caudal de la fuente no cumple con la demanda hídrica para la cual fue diseñada. El caudal de diseño es superior al caudal de operación, por lo que presenta deficiencia hídrica para poder llevar a cabo los procesos de potabilización en la planta, además de las captaciones ajenas a la empresa de servicios públicos, que se realizan aguas arriba del punto de captación.

En el momento se capta, se almacena y se distribuye agua cruda.

Figura 17. Bocatoma**Figura 18. Ingreso Bocatoma**

Figura 19. Desarenador**Figura 20. Acceso punto de Captación**

5.3.2.4. Descripción de la Obra de Control y Sistema de Medición Para el Caudal Concesionado.

Para este sistema de captación se encontró que, no se hace uso de la bocatoma por la baja oferta hídrica, la estructura se encuentra en buen estado, pero no está en operación. La captación se hace a través de una tubería de 4”.

5.3.2.5. Calidad de agua captada.

Las muestras de laboratorio tomadas para el agua cruda tienen como resultado los datos de la siguiente tabla:

Tabla 6. Resultados Calidad de Agua Tratada

pH	6.5	Unidades	Estos análisis se realizan dos veces por año. Las muestras se toman antes y después del sistema de tratamiento para potabilización.
Turbiedad	1.4	NTU	
Color Aparente	14	PT/Co	
Alcalinidad	32	mg/L CaCO ₃	
Conductividad	90	µs/cm	
Temperatura	20.2	°C	
<i>Escherichia Coli</i> , <i>npm</i>	100	U.F.C/100ml	
Sulfatos	<3	mg/L SO ₄	
Nitritos	<0.07	mg/L NO ₂	

Fuente: Autor

5.3.2.6. Balance Hídrico.

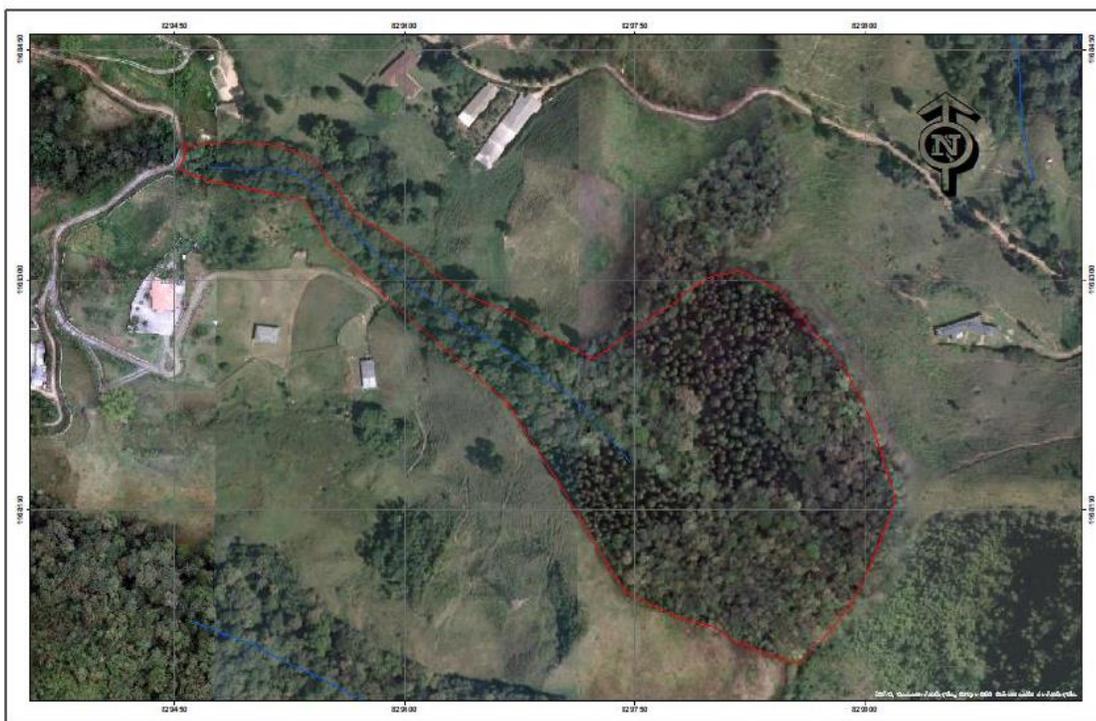
Arc Gis arrojó como resultado el área de la cuenca delimitada, con los siguientes datos:

Tabla 7. Resultados Delimitación Cuenca

Cuenca: Quebrada San Isidro	
Área (m ²)	49,300

Fuente: Autor

Figura 21. Delimitación Cuenca San Isidro



Nota: Delimitación Cuenca Vereda San Isidro. Fuente: Autor (2020)

Se utilizó la misma distribución espacial de la precipitación calculada para el PUEAA de San José Meleguindo, tomando en cuenta la cercanía de las fuentes.

Se utilizó la ecuación 3 para el cálculo del caudal y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$Q = (904.14 \text{ mm/año}) * A$$

$$Q = (0.90413 \text{ m/año}) * 49,300 \text{ m}^2$$

$$Q = 44573.609 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$Q = 1.4134 \text{ L/s}$$

Tomando en cuenta el agua que ingresa al sistema y las demandas sobre la fuente hídrica (consumos), el balance hídrico da como resultado:

$$\text{Balance Hídrico} = \text{Agua Entrada} - \text{Agua Sale}$$

$$\text{Balance Hídrico} = 1.4134 \text{ L/s} - 0.8047 \text{ L/s} = \mathbf{0.6087 \text{ L/s}}$$

Este caudal teórico de 0.6087 L/s queda disponible en la cuenca, lo que representa un 57% del caudal total queda disponible en el cuerpo del agua en un promedio anual, sin embargo, aguas arriba del punto de captación se encuentran captaciones ajenas a La Estrella S.A E.S.P, lo que ocasiona que la cuenca aguas abajo del punto de distribución no cuente con caudal ecológico que contribuya con la conservación del ecosistema, y que se capte menos de lo concesionado.

5.3.2.7. Porcentaje de Pérdidas.

El sector abastecido por el sistema de abastecimiento San Isidro, no cuenta con micro-medición, por lo que no se tiene un control real de lo que se capta y se distribuye, lo que deja sin datos el cálculo del porcentaje de pérdidas y por ende el índice de agua no contabilizada de este sistema.

Este sector tiene poco crecimiento poblacional, lo que facilita tener control de las conexiones ilegales, ya que la comunidad es muy estable. Las conexiones ilegales que se han podido identificar en el sector se han corregido, al igual que las fugas que se evidencian en las redes de distribución y acometidas de usuarios.

Para este sistema no se pudo encontrar el porcentaje de pérdidas ya que no se cuenta con los elementos de medición.

5.3.3. Campañas De Educación Ambiental.

Estas actividades a raíz de la situación actual ocasionada por la pandemia, no pudo desarrollarse en su totalidad debido al aislamiento y al cese de actividades académicas y culturales, sin embargo, se alcanzó a realizar una capacitación en la Lavandería Tecnilavado, la cual se encuentra suscrita a La Estrella S.A E.S. P, donde se abordaron temas en cuanto al cuidado y conservación del recurso hídrico (Figura 22 y 23).

Se enviaron requerimientos y se hizo seguimiento a los vertimientos de aguas residuales industriales que llegan a las redes de alcantarillado de la empresa, además de verificar que los cobros realizados por el servicio de alcantarillado tanto al sector residencial como no residencial sí estuviera acorde al uso del mismo. Se realizaron infogramas (Imagen 20) los cuales se anexaron a las facturas del servicio de acueducto y alcantarillado, incentivando el cuidado del recurso hídrico, ya que, por motivos de salubridad, el Coronavirus COVID -19 estaría aumentando su demanda.

Figura 22. *Capacitación Ambiental*



Figura 23. *Capacitación Ambiental*



Nota: Registro Fotográfico. Fuente: Autor (2020).

Figura 24. Infogramas



Nota: Infogramas entregados a la Comunidad. Fuente: Autor (2020)

5.3.4. Capacitaciones Técnicas y Operativas.

Luego de compartir los conocimientos y de recordar los conceptos, el personal quedó capacitado en cuanto a temas de conversión de unidades típicas en el desarrollo de sus actividades diarias, tales como unidades de Longitud, Volumen, Presiones, Caudales, entre otras (Fotografía 2).

Se realizó entonces, la actualización en cuanto a los temas de acueducto que trata la Resolución 0330 de 2017 y se les dejó como recomendación acceder a la norma, la cual es pública, además de la Ley 142 de 1994 de servicios públicos, en caso tal de alguna duda o información adicional, ya que son guías fundamentales para el servicio que se presta.

Figura 25. *Capacitación Técnica a los Operarios*



Nota: Registro Fotográfico Capacitación. Fuente: Autor (2020)

6. Conclusiones

El catastro de redes es una herramienta de planificación y de eficiencia, puesto que, permite conocer la conformación de las redes y mejorar los tiempos de respuesta en cuanto a la atención y reparación de daños.

Caracterizar y conocer las fuentes hídricas contribuye a que se optimice el uso del recurso, puesto que, se puede tener detalle de las amenazas latentes (geomorfológicas y antrópicas), de la demanda y oferta que se tiene, y de las pérdidas comerciales que se poseen en la empresa por conexiones ilegales y por fugas imperceptibles en las redes del servicio sino se tiene claridad en el porcentaje de pérdidas.

Contar con la adecuada infraestructura y elementos que faciliten la operación de los servicios de acueducto se traducen en control y proyección enfocadas a la reducción de pérdidas comerciales para la empresa, como es el caso de la instalación de la macro y micro medición, ya que permite tener conocimiento del agua que se está tratando y de la que se está facturando.

El ahorro y uso eficiente del agua es un trabajo interdisciplinario, puesto que, abarca y compete escenarios académicos, lúdicos y culturales, que ubique y responsabilice a cada uno como actor importante en el cuidado y conservación de los recursos naturales.

El recurso humano e intelectual ocupará siempre la cúspide de la pirámide del desarrollo de los procesos llevados a cabo en las empresas, el trabajo en equipo y la comunicación asertiva serán fundamentales para que se cumplan las metas y los objetivos propuestos.

7. Referencias Bibliográficas

- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente División de Salud y Ambiente - CEPIS. (2002). *Guía para la Vigilancia y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima, Perú. Disponible en: <https://bit.ly/2vsACw9>
- Congreso de Colombia. 1997. *Ley 373 de 1997*. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/36Bbpwm>
- Corantioquia. 2015. *Cartilla PUEAA*. Medellín, Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/2uNxJ8P>
- Guevara y Cartaya. 1991. *Cartilla técnica "Ciclo Hidrológico"*. Lima, Perú. Disponible en: <https://bit.ly/2te1tLW>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS (2018). "*Guía para el uso eficiente y ahorro del agua, una visión colectiva para el uso sostenible y responsable del agua*". Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/2GEPwlf>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT. (2007). *Resolución 2115 de 2007*. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/2O3YNYc>
- Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia MDE. 1994. *Índice de agua no contabilizada*. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://bit.ly/2t8yIjz>
- Organización Mundial de la Salud OMS. 2004. *Guía para la calidad de agua potable*. Volumen 1. Disponible en el link: <https://bit.ly/36BjxNx>
- Sánchez Román. 2001. *El Ciclo Hidrológico*. Salamanca, España. Disponible en: <https://bit.ly/2S024sT>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT, 2017. Resolución 0330 de 2017. Bogotá, Colombia. Disponible en <https://bit.ly/3iqQSSS>