

**APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS ESP DE
SANTANA BOYACÁ RELACIONADO CON LOS ASPECTOS DE IANC,
ADEMÁS DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

NICOL DAYANA ALEJANDRA MARIN GONZALEZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS – SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
2024**

**APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS ESP DE
SANTANA BOYACÁ RELACIONADO CON LOS ASPECTOS DE IANC,
ADEMÁS DEL DISEÑO DE LA METODOLOGÍA PARA LA CARACTERIZACIÓN
DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

NICOL DAYANA ALEJANDRA MARIN GONZALEZ

**Proyecto de opción de grado para optar por el título de:
INGENIERIA AMBIENTAL**

Director:

M.Sc. Esp. Ing. Edinson Fabian Monroy Ávila

Asesor Externo:

PEDRO ZARATE ORTIZ

**UNIVERSIDAD SANTO TOMAS – SECCIONAL TUNJA
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL
INGENIERIA AMBIENTAL
2024**

AGRADECIMIENTOS

No puedo iniciar estos agradecimientos sin elevar mi más profundo agradecimiento a Dios, quien ha sido mi refugio y mi guía durante todo el trayecto de esta pasantía. En cada desafío, en cada momento de duda, Su amor incondicional ha sido la fuerza que me impulsó a seguir adelante. En estos logros, veo la manifestación de Su gracia y sabiduría, y le agradezco humildemente por ser la luz que ilumina mi camino, fuente inagotable de sabiduría y fortaleza, por guiarme a lo largo de este emocionante viaje de aprendizaje y por permitirme culminar con éxito mi proyecto de pasantía.

A mis padres, cuya dedicación y amor han sido la base sobre la cual construí este proyecto, quiero expresar mi gratitud más sincera. Su paciencia infinita, sacrificios incansables y apoyo inquebrantable han sido los cimientos de mi éxito. En cada paso, sentí su respaldo, y este logro lleva impreso su amor y sus enseñanzas. Este proyecto es, en gran medida, un tributo a su dedicación y a la inspiración que proporcionan día a día.

Al ingeniero Fabián, mi mentor durante esta pasantía, le debo un agradecimiento especial. Su experiencia, paciencia y dedicación fueron fundamentales para mi desarrollo profesional. Aprecio profundamente sus consejos, enseñanzas y la oportunidad de aprender de su vasto conocimiento. Su influencia ha dejado una marca indeleble en mi trayectoria académica.

A la Universidad Santo Tomás, le agradezco por proporcionarme un entorno educativo enriquecedor y desafiante. La calidad de la educación que he recibido y el apoyo de la comunidad académica han sido cruciales para mi crecimiento personal y profesional. Aprecio la oportunidad de formar parte de esta institución que valora la excelencia y la búsqueda constante del conocimiento.

Agradezco también a todos aquellos que, de una u otra manera, contribuyeron a la realización de este proyecto. Cada consejo, palabra de aliento y colaboración fueron piedras fundamentales en la construcción de este logro. Este éxito no solo me pertenece a mí, sino también a todos aquellos que compartieron este viaje conmigo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	¡Error! Marcador no definido.
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	15
1.1.1. Pregunta de investigación	¡Error! Marcador no definido.
1.1.2. Delimitación del lugar.	¡Error! Marcador no definido.
1.1.3. Hipótesis	¡Error! Marcador no definido.
1.2. JUSTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
1.3. OBJETIVOS.....	26
1.1.4. Objetivo general	26
1.1.5. Objetivos específicos.....	26
2. MARCO TEORICO.....	27
2.1. ESTADO DEL ARTE.....	¡Error! Marcador no definido.
2.2. MARCO LEGAL.....	48
3. Metodología	50
3.1. Cartillas de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable y caracterización de residuos solidos .	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Toma de medidas del diseño de captación de fuentes hídricas y diseño de bocatoma de fondo	¡Error! Marcador no definido.
3.3. IANC	59
4. RESULTADOS Y ANALISIS	61
4.1. DIAGNOSTICO	¡Error! Marcador no definido.
4.2. Cartillas de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potables y caracterización de residuos solidos	¡Error! Marcador no definido.
4.2.1. Cartillas de operación y mantenimiento	¡Error! Marcador no definido.
4.2.2. Apoyo a la gestión operativa del servicio de aseo a cargo de la empresa para que se presente en óptimas condiciones ..	6¡Error! Marcador no definido.
4.2.3. Programación de la metodología para la caracterización de residuos solidos	69
4.3. Toma de medidas del diseño de captación de fuentes hídricas y diseño de bocatoma de fondo	¡Error! Marcador no definido.
4.3.1. Toma de medidas para el diseño de captación de fuentes hídricas.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.2. Diseño de bocatoma de fondo.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4. IANC	¡Error! Marcador no definido.

4.4.1.	Documentos de factores de subsidios y fondos de solidaridad	
		¡Error! Marcador no definido.
4.4.2.	Cálculo del IANC	¡Error! Marcador no definido.
4.5.	IANC	¡Error! Marcador no definido.
5.	CONCLUSIONES	¡Error! Marcador no definido.
	BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.

LISTADO DE ECUACIONES

	Pág.
Ecuacion 1: Lamina de agua en condiciones de diseño.....	53
Ecuacion 2: Correccion por contracciones laterales.....	54
Ecuacion 3: Velocidad del rio sobre la presa	54
Ecuacion 4: Velocidad del agua al pasar por la rejilla	54
Ecuacion 5: Diseño de la rejilla y canal de aduccion (Xs)	54
Ecuacion 6: Diseño de la rejilla y canal de aduccion (Xi)	54
Ecuacion 7: Diseño de la rejilla y canal de aduccion (B)	54
Ecuacion 8: Rejilla	55
Ecuacion 9: Superficie total de la rejilla.....	55
Ecuacion 10: Relacion entre area neta y area total.....	55
Ecuacion 11: En funcion de longitud de la rejilla	56
Ecuacion 12: Caudal atraves de la rejilla	56
Ecuacion 13: Niveles en el canal de aduccion	56
Ecuacion 14: Entrega a la camar de reconexion en descarga libre.....	56
Ecuacion 15: Diseño de la camara de recoleccion.....	57
Ecuacion 16: Desague del canal de excesos T.....	58
Ecuacion 17: Diferencia entre caudal de excesos y caudal captado	58
Ecuacion 18: Calculo del porcentaje del indice de agua no contabilizado	102

LISTADO DE TABLAS

Pág.

Tabla 1: Problemáticas que surgen a raíz del IANC.....	17
Tabla 2: Antecedentes de desafíos que se presentan en la empresa de servicios publicos de Santana Boyaca.	20
Tabla 3: Soluciones a algunas problemáticas que se presentan en la empresa de servicios publicos.....	21
Tabla 4: Antecedentes investigativos en torno a la caracterización de residuos solidos.	¡Error! Marcador no definido. 2
Tabla 5: Antecedentes investigativos en torno al diseño de sistema de captación de fuentes hídricas para el abastecimiento de municipios aledaños.	36
Tabla 6: Antecedentes investigativos en torno a los documentos realizados en pueblos similares a Santana Boyaca de fondo de solidaridad y factores de subsidios.	41
Tabla 7: Antecedentes investigativos en torno a los documentos realizados de manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8: Antecedentes investigativos para IANC.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 9: Marco jurídico de investigación.	48
Tabla 10: Información previa.	74
Tabla 11: Diseño de la presa.....	76
Tabla 12: Diseño de la rejilla y el canal de aducción.....	77
Tabla 13: Diseño de la rejilla y canal de aducción.....	79
Tabla 14. Niveles de agua canal de aducción.....	81
Tabla 15: Diseño en la cámara de recolección.....	83
Tabla 16: Cálculo de la altura de los muros de contención.....	84
Tabla 17: Cálculo del caudal de excesos.....	85
Tabla 18: condiciones en el vertedero de excesos.....	86
Tabla 19: Lámina sobre la presa.....	87

Tabla 20: Canal de aducción.....	87
Tabla 21: Cámara de recolección.....	87
Tabla 22: Cámara de recolección 1.....	88
Tabla 23: Reporte SUI del municipio.....	91
Tabla 24: Reporte encontrado en el acuerdo del presupuesto de Santana 2023...92	
Tabla 25: Porcentaje con la norma.....	92
Tabla 26: Resultados de déficit o superávit.....	92
Tabla 27: Información general.....	102
Tabla 28: Información comercial.....	103
Tabla 29: Información técnica operativa.....	104

LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Diagrama metodológico para el IANC.....	60
Figura 2: Cartilla de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento la roca.	62
Figura 3: Cartilla de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento tipo compacta.....	65
Figura 4: Puntos para la implementación operativa de aseo.....	66
Figura 5: Sistema de captación quebrada El Cafetal.....	71
Figura 6: Sistema de captación quebrada El Cafetal 1.....	71
Figura 7: Diseño de la bocatoma de fondo del sistema de captación (Rejilla) quebrada El Cafetal.....	72
Figura 8: Diseño de la bocatoma de fondo del sistema de captación (Rio) quebrada El Cafetal.....	73
Figura 9: Diseño de la bocatoma de fondo del sistema de captación (Caja) quebrada El Cafetal.....	73
Figura 10: Diseño de la rejilla y canal de aducción.....	78
Figura 11: Longitud de la rejilla y numero de orificios.....	79
Figura 12: Altura total de los muros del canal de aducción.....	82
Figura 13: Diseño cámara de recolección.....	83
Figura 14: Resultado del diseño. Planta.....	88
Figura 15: Resultado del diseño. Corte B-B.....	89
Figura 16: Resultado del diseño. Corte A-A.....	89
Figura 17: Resultado del diseño. Corte C-C.....	90
Figura 18: Resultado del diseño. Detalle del canal de aducción.....	90
Figura 19: Registro fotografico PTAP Santana Boyaca.....	97

ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Represa del municipio de santana.....	119
Anexo 2: Sistemas de captacion de fuentes hidricas.	119
Anexo 3: Excel diseño de bocatoma de fondo parte 1.....	120
Anexo 4: Excel diseño de bocatoma de fondo parte 2.....	120
Anexo 5: Excel diseño de bocatoma de fondo parte 3.....	121
Anexo 6: Acuerdo factores de subsidios para el municipio de Santana	121
Anexo 7: Acuerdo factores de subsidios para el municipio de Santana Excel.....	122
Anexo 8: Acuerdo fondo de solidaridad para el municipio de Santana.....	122
Anexo 9: Cartilla de manual de operación y mantenimiento planta La Roca.....	123
Anexo 10: Cartilla de manual de operación y mantenimiento tipo compacta.....	124
Anexo 11: Caracterización de Residuos sólidos.....	125
Anexo 12: Poster IANC parte 1.....	125
Anexo 13: Poster IANC parte 2.....	126
Anexo 14: Poster IANC parte 3.....	126

INTRODUCCION

En el contexto de una pasantía realizada en el marco de la ingeniería ambiental, surge la oportunidad de contribuir significativamente al desarrollo sostenible de la empresa de servicios públicos (ESP) en Santana, Boyacá. Este proyecto de grado se enfoca en brindar apoyo técnico integral a la ESP, particularmente en la gestión de aspectos relacionados con el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) y la caracterización de residuos sólidos.

La importancia de un adecuado manejo de los recursos hídricos y la gestión eficiente de los residuos sólidos se vuelve cada vez más crucial en el panorama actual de desarrollo sostenible. En este sentido, se plantea la tarea de diseñar y ejecutar metodologías específicas que fortalezcan la gestión operativa del servicio de aseo, garantizando condiciones óptimas para la comunidad y el entorno ambiental.

La empresa de servicios públicos de Santana se encuentra inmersa en un entorno donde la captación y distribución de agua son elementos esenciales para la calidad de vida de la población. Por lo tanto, el proyecto también abordará actividades de apoyo enfocadas en el sistema de captación de las fuentes hídricas que abastecen el municipio. Este enfoque holístico permitirá evaluar la sostenibilidad de los procesos y su impacto en la comunidad local.

En la búsqueda constante de soluciones eficientes y sostenibles para la captación de agua superficial destinada al consumo humano, el diseño de estructuras se convierte en un componente crítico que debe ser abordado con meticulosidad y consideración de diversos factores. Este artículo se sumerge en la importancia de una aproximación integral al diseño de estas estructuras, donde la hidrología, geomorfología y hidráulica de la fuente de captación son elementos clave a considerar. La preservación de la integridad de los ecosistemas fluviales se erige como un principio fundamental, instando a evitar modificaciones significativas en los cursos de agua existentes (Bogota, 2017).

La ubicación estratégica de las captaciones emerge como un factor esencial, destacando la preferencia por tramos rectos del cauce y la orilla externa de curvas para prevenir la erosión. La estabilidad estructural frente a eventos extremos se convierte en un foco crucial, respaldado por estudios de riesgo exhaustivos que abordan desafíos como deslizamientos, volcamientos, socavación y subpresión (Bogota, 2017).

En entornos fluviales navegables, se prohíbe la planificación en áreas que puedan afectar la navegación de embarcaciones, subrayando la necesidad de armonizar el diseño con la actividad fluvial. La accesibilidad y la garantía de suministro eléctrico, especialmente en captaciones con equipos de bombeo, emergen como factores determinantes para el mantenimiento y operación efectivos de estas estructuras. Según (la resolución 330 de 2017) La zona de la bocatoma, punto crucial de captación, requiere medidas de protección y control de acceso para preservar la seguridad e integridad de la estructura. La incorporación de dispositivos de filtrado, tales como rejillas y pantallas, se presenta como una estrategia esencial para evitar la entrada de elementos no deseados (Lopez Cualla , 2017).

Además, se pondrá especial énfasis en la determinación del Índice de Agua No Contabilizada (IANC), un indicador clave para evaluar la eficiencia en la gestión del recurso hídrico. La aplicación de conocimientos adquiridos durante la pasantía permitirá identificar posibles fugas y mejorar la eficiencia en la distribución del agua, contribuyendo así a la optimización de los recursos y a la sostenibilidad a largo plazo.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2020, 2.200 millones de personas no tenían acceso a agua potable segura y 673 millones no disponían de servicios de saneamiento seguros. Esto significa que millones de personas se ven obligadas a beber agua contaminada, lo que puede provocar enfermedades diarreicas, cólera, tifoidea y otras enfermedades que pueden ser mortales, especialmente en niños pequeños.

Esta problemática ha llevado a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) a diseñar indicadores para evaluar aspectos técnicos y financieros de las empresas que proveen servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia (Conrado del Puerto, Rojas, Puerto Rodríguez, y Prieto Diaz, 2022).

Este, por su parte, se enfrenta a un grave problema de agua no contabilizada en sus sistemas municipales de abastecimiento, lo que resulta en una significativa pérdida de recursos y un desafío considerable en la prestación de servicios de agua potable (Vega, 2009). La presencia de agua no contabilizada afecta negativamente a numerosas empresas de agua, teniendo implicaciones tanto en la economía como en la calidad de los servicios ofrecidos a la población (Bueno Herrera, Monroy Ávila, y Zafra Mejía, 2020).

El Índice de Agua No Contabilizada (IANC) surge como un indicador fundamental al establecer una relación entre el volumen total de agua producida y el volumen de agua facturada. Esta métrica es esencial para medir el porcentaje de agua que se pierde o se utiliza sin ser registrada por los sistemas de medición en el suministro de agua (Fernando, Jauregui, y Crespo Millet, 2020).

Adicionalmente, Santana, situado en el departamento de Boyacá, delega la provisión de servicios de agua a la Empresa de servicios públicos domiciliarios E.S.P. En un informe reciente de la Superintendencia de Servicios Públicos, titulado "Índice de Agua No Contabilizada en el Municipio de Santana en el año 2020" (Barrera-Herrera, y otros, 2020), se abordan las dinámicas de este índice, proporcionando una visión actualizada de la situación.

Este artículo se adentra en una exhaustiva exploración del nivel de agua no contabilizada en el municipio, desentrañando tanto las pérdidas físicas atribuidas a fugas y otros factores, como las pérdidas comerciales derivadas de imprecisiones en la medición y consumos no autorizados. La minuciosa descomposición de estos componentes ofrece una comprensión detallada de los desafíos que enfrenta el sistema de abastecimiento de agua en la localidad. Un análisis que es punto de partida esencial para la identificación de áreas de mejora y la implementación de medidas concretas destinadas a optimizar la eficiencia y sostenibilidad del suministro de agua en este importante municipio colombiano.

Este proyecto no solo representa una oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos durante la pasantía, sino también una contribución tangible al desarrollo sostenible de la comunidad. El enfoque multidisciplinario, combinando la ingeniería ambiental con la gestión eficiente de servicios públicos, se erige como un paso significativo hacia la mejora continua y el compromiso con un futuro ambientalmente responsable.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2020, 2.200 millones de personas no tenían acceso a agua potable segura y 673 millones no disponían de servicios de saneamiento seguros. La importancia del acceso y disponibilidad de agua es innegable, ya que este recurso vital es esencial para garantizar la calidad de vida y el desarrollo humano (Fernando, Jauregui, y Crespo Millet, 2020). No obstante, en diversas regiones del mundo, la falta de acceso al agua potable y la

presencia de agua no contabilizada constituyen desafíos que afectan a la población y restringen su bienestar (Vega, 2009).

Colombia, por su parte, enfrenta una situación alarmante en términos de agua no contabilizada, lo que directamente complica la prestación de servicios de agua. Para este país según la (OMS, 2020), las pérdidas de agua en sistemas municipales superan el 33%, en promedio, llegando al 43%. Además, el Banco Mundial estimó que, en América Latina, el 45% del agua producida corresponde a agua no facturada. Esta problemática ha llevado a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) a diseñar indicadores para evaluar aspectos técnicos y financieros de las empresas que proveen servicios de acueducto y alcantarillado en Colombia (Conrado del Puerto, Rojas, Puerto Rodríguez, y Prieto Diaz, 2022).

Este, por su parte, se enfrenta a un grave problema de agua no contabilizada en sus sistemas municipales de abastecimiento, lo que resulta en una significativa pérdida de recursos y un desafío considerable en la prestación de servicios de agua potable (Vega, 2009). La presencia de agua no contabilizada afecta negativamente a numerosas empresas de agua, teniendo implicaciones tanto en la economía como en la calidad de los servicios ofrecidos a la población (Bueno Herrera, Monroy Ávila, y Zafra Mejía, 2020).

El Índice de Agua No Contabilizada (IANC) surge como un indicador fundamental al establecer una relación entre el volumen total de agua producida y el volumen de agua facturada. Esta métrica es esencial para medir el porcentaje de agua que se pierde o se utiliza sin ser registrada por los sistemas de medición en el suministro de agua (Fernando, Jauregui, y Crespo Millet, 2020).

En contextos operativos bajo marcos gubernamentales y financieros, es común encontrar IANC elevados, subrayando la necesidad de abordar eficazmente esta problemática. En consecuencia, se hace necesaria la implementación de planes y estrategias destinadas a reducir el IANC, con el objetivo de optimizar la gestión de los recursos hídricos en la región (Benavides, 2003).

Adicionalmente, Santana, situado en el departamento de Boyacá, delega la provisión de servicios de agua a la Empresa de servicios públicos domiciliarios E.S.P. En un informe reciente de la Superintendencia de Servicios Públicos, titulado "Índice de Agua No Contabilizada en el Municipio de Santana en el año 2020"

(Barrera-Herrera, y otros, 2020), se abordan las dinámicas de este índice, proporcionando una visión actualizada de la situación.

La cobertura de suministro de agua fue del 100% en las zonas urbanas y del 40% en las zonas rurales, donde se contó para el 2023 con un caudal promedio de 25920 m³/mes. El sistema de acueducto según (secretaria de Salud de Boyacá, 2023) cuenta con la principal que se encuentra en el casco urbano la cual es tipo FIME con un caudal de diseño de 8 L/s y tres (3) que suministran la zona rural del municipio (Pozo de burro, el Muhan, San Isidro) donde son de tipo compacto.

Debido a lo anterior, Dado que la cobertura de suministro de agua es del 100% en las zonas urbanas y del 40% en las zonas rurales, consideremos un escenario específico con un caudal promedio de 25920 m³/mes para el año 2023, en donde, debido a los problemas de mediciones en algunas zonas significativas como las rurales, se presenta lo siguiente:

Tabla 1. Problemáticas que surgen a raíz del IANC.

<p>Problema Técnico del Índice de Agua No Contabilizada (INC):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de Medición en Zonas Rurales: La falta de infraestructura adecuada o tecnología obsoleta puede contribuir a errores en la medición del agua producida y facturada, especialmente en zonas rurales donde la disponibilidad de recursos puede ser limitada. • Ineficiencias en Infraestructura Rural: La presencia de sistemas de acueducto compactos en las zonas rurales puede enfrentar desafíos técnicos, como fugas no detectadas, mantenimiento deficiente y falta de tecnologías avanzadas de medición. • Necesidad de Capacitación Técnica: El personal encargado de la gestión del sistema de acueducto puede requerir capacitación técnica para abordar eficientemente problemas de medición y mantenimiento.
<p>Problema Financiero del Índice de Agua No Contabilizada (INC):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desafío Económico en Zonas Rurales: La falta de facturación adecuada en las zonas rurales, reflejada en un alto INC, significa una pérdida significativa de ingresos para la empresa de servicios públicos. • Impacto en la Sostenibilidad Financiera: Un INC elevado indica ineficiencias en la gestión del agua, lo

	<p>que puede tener un impacto negativo en la sostenibilidad financiera de la empresa a largo plazo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Necesidad de Inversiones en Tecnología y Mantenimiento: Para mejorar la medición y reducir el INC, pueden ser necesarias inversiones significativas en tecnología de medición precisa y mantenimiento de la infraestructura existente. • Desafíos Financieros Específicos en Zonas Rurales: La falta de facturación adecuada en las zonas rurales crea desafíos financieros específicos que pueden afectar la capacidad de la empresa para mantener y mejorar sus servicios.
Operativas	<ul style="list-style-type: none"> • Ineficiencias en la Gestión del Agua: La alta IANC sugiere ineficiencias en la gestión del agua, lo que puede resultar en una operación subóptima y costos adicionales asociados con la pérdida de agua no contabilizada.
Ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • Desperdicio de Recursos Hídricos: La pérdida significativa de agua no solo tiene implicaciones económicas, sino que también implica un desperdicio de recursos hídricos valiosos, con posibles consecuencias ambientales, como la presión sobre fuentes de agua locales y la energía asociada con el tratamiento y suministro de agua no utilizada.
Equidad en el Acceso	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto Desigual en la Comunidad: La falta de facturación adecuada en las zonas rurales puede afectar desproporcionadamente a comunidades que ya pueden enfrentar desafíos económicos, contribuyendo a la desigualdad en el acceso a servicios básicos.

Fuente: Autor.

Otra problemática central en el municipio de Santana, Boyacá, radica en la falta de caracterización de los residuos sólidos en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS). La ausencia de esta caracterización impide tener un conocimiento detallado de la composición, cantidad y características específicas de los residuos generados en el municipio. Esta falta de información es significativa por varias razones:

- **Dificulta la Implementación de Estrategias Eficientes:** Sin una caracterización adecuada, es difícil diseñar estrategias efectivas para la reducción de la producción de residuos sólidos. La falta de comprensión sobre los tipos y cantidades de residuos generados dificulta la identificación de áreas críticas que requieren intervención.
- **Limita el Enfoque en Problemas Específicos:** La caracterización proporciona datos específicos sobre la fuente, composición y volumen de los residuos. Esta información es esencial para dirigir los esfuerzos hacia áreas específicas donde se pueden implementar medidas para reducir la generación de residuos.
- **Compromete la Planificación a Largo Plazo:** La planificación efectiva de la gestión de residuos a largo plazo requiere una comprensión completa de la situación actual. La falta de caracterización impide una planificación precisa y la implementación de estrategias sostenibles.
- **Impacto Ambiental y de Salud Pública:** La gestión inadecuada de los residuos sólidos puede tener impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública. La falta de datos detallados sobre los residuos dificulta la evaluación precisa de estos impactos y la adopción de medidas preventivas.

La implementación de la caracterización de residuos sólidos se propone en esta investigación para buscar abordar estas deficiencias y proporcionar la información necesaria para desarrollar e implementar estrategias efectivas de reducción de la producción de residuos sólidos en el municipio de Santana, Boyacá.

Este artículo se adentra en una exhaustiva exploración del nivel de agua no contabilizada en el municipio, desentrañando tanto las pérdidas físicas atribuidas a fugas y otros factores, como las pérdidas comerciales derivadas de imprecisiones en la medición y consumos no autorizados. La minuciosa descomposición de estos componentes ofrece una comprensión detallada de los desafíos que enfrenta el sistema de abastecimiento de agua en la localidad. Un análisis que es punto de partida esencial para la identificación de áreas de mejora y la implementación de medidas concretas destinadas a optimizar la eficiencia y sostenibilidad del suministro de agua en este importante municipio colombiano.

A continuación, se presenta una descripción breve de los antecedentes y cómo el proyecto contribuirá a resolver este problema y generar conocimiento para futuras ventajas competitivas:

Antecedentes:

El municipio de Santana se encuentra ubicado en la provincia de Ricaurte bajo en el departamento de Boyacá. La zona se localizó con una altitud media de 1550 m.s.n.m, un área de 67 km² (Departamento Nacional de Planeación,2020). Dentro de los aspectos hidrológicos se resalta que el municipio es abastecido por las quebradas el Salitre, el Mohán, Morales, Guasinea, Chorrea y Gualí, donde son suministrados por río Suárez, sirve de límite entre los Departamentos (Lina M.,2021) de Boyacá y Santander. Santana cuenta con siete (7) veredas y con 8088 habitantes donde 2348 habitantes se encuentran en el casco urbano (Departamento Nacional de Planeación, 2020).

La Empresa de Servicios Públicos del Municipio de Santana (EMSANTANA S.A. E.S.P.) se estableció el 24 de enero de 2008 y tiene un patrimonio reportado de \$194,930,301. Su dirección registrada en el Registro Mercantil es la Calle 4, número 4-04, ubicada en el municipio de Santana, Boyacá. La Empresa De Servicios Públicos De Santana tiene la responsabilidad de proporcionar servicios esenciales a la comunidad, incluyendo la gestión de residuos sólidos y la provisión de agua potable. Sin embargo, enfrenta uno que otro desafío en términos de gestión operativa y ambiental, por lo cual se debe tener en cuenta lo siguiente:

Tabla 2. Antecedentes de desafíos que se presentan en la empresa de servicios públicos de Santana, Boyacá.

Ineficiencias operativas	Impacto ambiental
La empresa presenta problemas como poca eficiencia en la operación de esta misma, como retrasos en la recolección de residuos sólidos.	La falta de una gestión ambiental efectiva puede dar lugar a la contaminación del agua y la acumulación inadecuada de residuos sólidos, lo que tiene un impacto negativo en el entorno natural y la calidad de vida de la comunidad.

Fuente: Autor.

De lo anterior se puede decir que la empresa de servicios públicos de santana debe llevar una eficiencia a la hora de presentar su servicio, lo que hace que se busque

una solución para ciertos problemas. A continuación, se presenta cómo el proyecto contribuirá a resolver el problema y generar conocimiento:

Tabla 3. Soluciones a algunas problemáticas que se presentan en la empresa de servicios públicos.

Plan de trabajo efectivo	Realizar un plan de trabajo contractual de las situaciones de la empresa de manera sistemática, garantizando una ejecución más eficiente de las actividades relacionadas con la mejora operativa y ambiental.
Optimización de la gestión operativa	El proyecto proporcionará apoyo integral para mejorar la gestión operativa del servicio de aseo, lo que incluye la programación eficiente de la recolección de residuos, reduciendo retrasos y mejorando la calidad del servicio.
Caracterización de residuos sólidos	El apoyo en la caracterización de residuos sólidos permitirá comprender mejor las dinámicas de generación de residuos, lo que ayudará a tomar medidas adecuadas en su manejo, como la implementación de programas de reciclaje.
Captación de fuentes hídricas	La colaboración en el diseño de un sistema de captación de fuentes hídricas mejorará el acceso a agua de calidad para la comunidad, abordando la escasez de recursos hídricos y fortaleciendo la seguridad hídrica del municipio.
Actualización del sistema de gestión ambiental	La ayuda en la actualización del sistema de gestión ambiental asegurará que la empresa cumpla con las regulaciones ambientales vigentes, minimizando así su impacto en el medio ambiente.
IANC	<p>Realizar el IANC trae consigo mejoras, que se pueden ver a continuación:</p> <p>Mejora en la Detección de Fugas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problema: Pérdidas de agua no detectadas debido a fugas en la red de distribución. • Solución: Implementar tecnologías avanzadas de detección de fugas, como sistemas de monitoreo continuo, sensores de presión y análisis de datos en tiempo real. Establecer programas de mantenimiento preventivo para reparar rápidamente cualquier fuga identificada.

	<p>Modernización de Infraestructuras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problema: Infraestructuras obsoletas que contribuyen a pérdidas no contabilizadas. • Solución: Invertir en la modernización de la red de distribución, reemplazando tuberías antiguas y utilizando materiales más resistentes y duraderos. La implementación de sistemas de gestión de activos también puede ayudar en la planificación y mantenimiento efectivo de la infraestructura. <p>Sectorización de la Red:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problema: Dificultades para identificar y aislar áreas específicas con altas pérdidas. • Solución: Dividir la red de distribución en sectores más pequeños para facilitar la identificación de áreas problemáticas. Esto permite un enfoque más preciso en la gestión y reducción de pérdidas.
--	--

Fuente: Autor.

La idea es que mediante este trabajo como pasante de dicha empresa se realicen las soluciones con el fin de lograr conocer a fondo el funcionamiento de esta empresa y de cómo se logra apoyar y cuidar esta misma. Esto se enfoca en abordar los problemas, contribuyendo con su mejora y generando conocimiento que beneficie a la comunidad.

1.1.1. Pregunta de investigación

¿Cómo puede el apoyo técnico mejorar la gestión de los servicios públicos en la empresa ESP de Santana Boyacá a través de la elaboración y aplicación de una metodología para la caracterización de residuos sólidos y la determinación del índice de agua no contabilizada (IANC), para la optimización operativa del servicio de aseo y acueducto en el municipio?

1.1.2. Delimitación del lugar.

Santana, un municipio perteneciente al Departamento de Boyacá, se encuentra dentro de la Provincia de Ricaurte Bajo, limitando al norte con Suaita (Departamento de Santander), al este con Chitaraque y Santander, al sur con Chitaraque y San

José de Pare, y al oeste con Güepsa (Departamento de Santander). Con una extensión de 67 km², su cabecera municipal está a 1550 metros sobre el nivel del mar, disfrutando de un clima templado con temperaturas medias entre 18 y 23 °C. La proximidad a Tunja, a 93 km, destaca su importancia como punto de referencia en la región.

1.1.3. Hipótesis

La implementación de un plan de trabajo efectivo, la optimización de la gestión operativa, la caracterización de residuos sólidos, la captación de fuentes hídricas y la actualización del sistema de gestión ambiental contribuirá a la mejora de la gestión operativa y ambiental de la Empresa De Servicios Públicos De Santana en el municipio de Santana, Boyacá.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La Empresa de Servicios Públicos de Santana, ubicada en el municipio de Santana, Boyacá, se enfrenta a desafíos operativos y ambientales que requieren una atención inmediata. Estos desafíos no solo afectan la eficiencia en la prestación de servicios esenciales para la comunidad, como la recolección de residuos sólidos y la provisión de agua potable, sino que también generan un impacto negativo en el entorno natural y en la calidad de vida de la población local. Abordar estas problemáticas se vuelve necesario para garantizar un funcionamiento eficaz de la empresa y preservar el bienestar tanto de la comunidad como del entorno ambiental en el que opera (Urquijo, 2020).

La identificación de las problemáticas en el suministro de agua y la gestión de residuos sólidos en el municipio de Santana, Boyacá, es crucial por diversas razones que abordan aspectos económicos, ambientales y sociales. Según estudios realizados por (Dourojeanni , Jouravlev , & Chávez, 2002) en el ámbito del suministro de agua, la falta de medición adecuada en zonas rurales conlleva a ineficiencias en el uso de recursos hídricos, resultando en pérdidas económicas y ambientales significativas. Abordar estas deficiencias permite optimizar la gestión del agua, garantizando un uso eficiente y reduciendo costos asociados a la pérdida de este recurso vital.

Según Rey (2010), la sostenibilidad financiera de una empresa de servicios públicos se ve amenazada por la elevada presencia de Agua No Contabilizada (IANC) en áreas rurales, lo cual impacta directamente en la facturación. Esta problemática, al

no contabilizar adecuadamente el consumo de agua en dichas zonas, genera pérdidas económicas significativas para la empresa. La resolución de estas ineficiencias no solo tiene un impacto directo en la mejora de la facturación, sino que también desempeña un papel crucial en la fortaleza financiera a largo plazo.

Al abordar las disparidades en el Índice de Agua No Contabilizada, se logra optimizar la facturación de la empresa, permitiéndole generar ingresos suficientes para sustentar sus operaciones y, al mismo tiempo, crear un excedente financiero que puede destinarse a inversiones estratégicas (Silva, 2023). Este excedente puede ser canalizado hacia tecnologías más eficientes y sistemas de mantenimiento adecuados, contribuyendo así a un suministro de agua más efectivo y sostenible.

Investigaciones realizadas por (Hernández, 2022) confirmaron la importancia de abordar estas cuestiones no solo se limita al ámbito financiero, sino que también tiene repercusiones significativas en los aspectos ambientales y sociales. Una gestión eficiente del agua no solo conserva este recurso vital, sino que también minimiza los impactos ambientales asociados con el suministro y tratamiento del agua.

Además, al garantizar una facturación justa y mejorar el acceso al agua en las zonas rurales, se contribuye al bienestar social y al desarrollo equitativo de la comunidad, fortaleciendo así la responsabilidad social de la empresa de servicios públicos. En última instancia, la resolución de las disparidades en el IANC no solo es esencial para la viabilidad financiera, sino que también impulsa un enfoque integral hacia la sostenibilidad ambiental y social.

Según estudios actualizados por (CEPAL, 2019) en cuanto a la gestión de residuos sólidos, la falta de caracterización impide implementar estrategias efectivas para su reducción. La identificación detallada de la composición y cantidad de residuos permite desarrollar estrategias específicas, reduciendo la generación de residuos y minimizando impactos ambientales y de salud pública asociados a una gestión inadecuada.

La ausencia de información detallada compromete la planificación a largo plazo, afectando tanto la gestión del agua como la de residuos sólidos. Al abordar estas deficiencias, se establece una base sólida para la planificación efectiva, asegurando la implementación de estrategias sostenibles y la prevención de impactos ambientales negativos (Rondón , Marcel , Narea, & Fran, 2021).

La equidad en el acceso a servicios básicos, como el suministro de agua, se ve afectada por la falta de facturación adecuada en zonas rurales. Estudios adelantados por (MEJÍA, 2022) identificar y resolver estas desigualdades es esencial para garantizar un acceso equitativo a servicios esenciales, promoviendo la igualdad y mejorando la calidad de vida en todas las comunidades del municipio. En conjunto, la identificación y abordaje de estas problemáticas contribuyen al desarrollo sostenible y al bienestar general de la comunidad en Santana, Boyacá.

La originalidad de este proyecto radica en su capacidad para combinar de manera integral las soluciones a los desafíos operativos y ambientales. Además, la colaboración estrecha con la gerencia de la empresa para llevar a cabo la caracterización de residuos sólidos y el diseño de un sistema de captación de fuentes hídricas representa un enfoque práctico y específico que se ajusta a las necesidades y características locales de Santana, Boyacá.

La pertinencia del proyecto se destaca en el contexto actual, donde la conciencia ambiental y la sostenibilidad son temas cada vez más relevantes (Medellin, 2023). La colaboración entre la empresa y un pasante para abordar estos desafíos es de gran ayuda, ya que aprovecha el conocimiento y la energía de nuevos talentos para resolver problemas arraigados en la comunidad. Además, este enfoque promueve la formación práctica de profesionales jóvenes y su involucramiento en cuestiones críticas para el desarrollo sostenible de la región.

1.3. OBJETIVOS

1.1.4. Objetivo general

Apoyar de manera técnica a la empresa de servicios públicos ESP de Santana Boyacá en lo relacionado con los aspectos del IANC, además del diseño y actualización de los manuales de planta de tratamiento de agua potable.

1.1.5. Objetivos específicos

- Elaborar la actualización del manual de operación y mantenimiento de planta de tratamiento de agua potable del municipio en acuerdo con la gerencia, donde se apoya la gestión operativa del servicio de aseo para que se presente en óptimas condiciones.
- Ejecutar actividades de apoyo para la toma de medidas del sistema de captación de las fuentes hídricas que abastecen el municipio de Santana, Boyacá.
- Determinar el índice de agua no contabilizada IANC para la empresa de servicios públicos del municipio.

2. MARCO TEORICO

El desarrollo teórico del proyecto se sustentará en una sólida base de teorías y conceptos relacionados con la gestión operativa y ambiental de empresas de servicios públicos (Beltrán Orjuela, 2021). Para abordar los desafíos operativos, se recurrirá a teorías de la gestión de operaciones, donde se aplicarán modelos de gestión de procesos y estrategias para mejorar la programación de la recolección de residuos sólidos, buscando la eficiencia en la ejecución de las actividades contractuales.

Además, en el ámbito ambiental, se emplearán teorías de la gestión ambiental, como un enfoque, que considera los aspectos económicos, sociales y ambientales, para guiar la actualización del sistema de gestión ambiental. Esto implicará la identificación de aspectos ambientales significativos y la implementación de medidas concretas para reducir el impacto ambiental de la empresa (Guevara Buendía, 2014).

El término genérico empleado para las instalaciones que captan, desvían o toman agua de ríos es "bocatoma". A través de esta estructura, es posible extraer el caudal de diseño, generalmente correspondiente al máximo caudal diario. Según (Lopez Cualla , 2017) es esencial que las instalaciones de captación se ubiquen en áreas con suelos estables y resistentes a la erosión. Se debe procurar que la captación se realice en tramos rectos del cauce. En caso de ser necesario ubicar la captación en una curva, esta debe estar en la parte exterior de la misma, tomando medidas de protección adecuadas, como la construcción de muros de contención aguas arriba y aguas abajo de la bocatoma.

En el caso de situar la bocatoma en la parte interior de la curva, existe el riesgo de que se obstruya con el material depositado durante crecidas, y durante la temporada de verano podría quedar sin agua. Por lo tanto, es crucial considerar estas condiciones para garantizar la eficacia y durabilidad de la infraestructura de captación (Lopez Cualla , 2017).

Según (Lopez Cualla , 2017) la bocatoma de fondo comprende varios elementos esenciales:

- **Presa:** Construida principalmente con concreto ciclópeo, la cota superior se encuentra al mismo nivel que la cota del fondo del río. En su interior, alberga el conducto de aducción.
- **Solados o enrocados superior e inferior:** Ubicados aguas arriba y aguas abajo de la presa, estos componentes, ya sea en concreto o en forma de enrocado, están diseñados para salvaguardarla contra la erosión.
- **Muros laterales:** Estos muros, construidos en concreto ciclópeo, dirigen el flujo de agua hacia la rejilla y protegen los taludes. El ancho de estos muros, determinado por estudios de estabilidad, puede ser de 60 cm o menos.
- **Rejilla:** Colocada sobre el canal de aducción dentro de la presa, esta estructura regula el caudal. La longitud de la rejilla y del canal de aducción puede variar según las necesidades, y sus dimensiones (ancho de 40 cm y largo mínimo de 70 cm) facilitan operaciones de limpieza y mantenimiento. Los barrotes y el marco, generalmente de hierro, tienen separaciones de 5 a 10 cm y diámetros de $\frac{1}{2}$ ", $\frac{3}{4}$ ", o 1".
- **Canal de aducción:** Transporta el agua desde la rejilla hasta la cámara de recolección, manteniendo una pendiente del 1 al 14% para garantizar una velocidad adecuada y segura.
- **Cámara de recolección:** Por lo general, de forma rectangular o cuadrada, con muros de concreto reforzado (espesor de 30 cm) igualando la altura de los muros laterales. En su interior, se encuentra un vertedero de exceso lateral que canaliza el agua a una tubería de excesos, devolviéndola al cauce.

La gestión eficiente de los recursos hídricos y la adecuada disposición de los residuos sólidos son aspectos cruciales para el desarrollo sostenible de las comunidades (Minambiente, 2023). En este contexto, el índice de agua no contabilizada (IANC) se convierte en un indicador esencial para evaluar la eficiencia en la distribución y uso del agua, mientras que la caracterización de los residuos sólidos es fundamental para diseñar estrategias efectivas de gestión ambiental.

El IANC es un indicador clave que evalúa las pérdidas de agua en el sistema de suministro, considerando fugas, desperdicios y otras formas de no contabilización. Se explorarán diversas metodologías para su cálculo, incluyendo mediciones de caudal, análisis de presiones, y tecnologías de monitoreo en tiempo real. Además,

se examinarán casos de éxito en la reducción del IANC en otras empresas de servicios públicos (Jaramillo Martínez, Pacheco Valencia, & Velasco Morales, 2021).

La determinación del IANC para la empresa de servicios públicos será un proceso detallado que combinará la información recopilada sobre el sistema de suministro de agua con datos de consumo (Jaramillo Martínez, Pacheco Valencia, & Velasco Morales, 2021). Se emplearán técnicas estadísticas y modelado para identificar áreas de pérdida y proponer medidas correctivas. La comparación con estándares internacionales permitirá establecer metas realistas de reducción del IANC.

El IANC no solo es un indicador de eficiencia operativa, sino que también desempeña un papel crucial en la sostenibilidad hídrica a largo plazo. Desde una perspectiva teórica, se argumenta que la reducción del IANC contribuye directamente a la conservación de recursos hídricos limitados, promoviendo así la resiliencia de las fuentes de agua y asegurando su disponibilidad para generaciones futuras (Monserrate, 2003).

El enfoque teórico también implica un análisis profundo de las causas subyacentes del IANC. Se explorarán teorías relacionadas con la identificación de factores como infraestructura obsoleta, falta de mantenimiento preventivo, o incluso prácticas operativas ineficientes que contribuyen a las pérdidas de agua. Este análisis proporcionará una base conceptual para la implementación de estrategias correctivas más efectivas (Hall, 2003).

Desde la perspectiva teórica, se abordarán cuestiones socioeconómicas relacionadas con el IANC. Teorías sobre equidad y justicia social se aplicarán para entender cómo la distribución desigual de las pérdidas de agua puede afectar a comunidades específicas. Esto respaldará la importancia de estrategias inclusivas en la reducción del IANC para garantizar que los beneficios alcancen a todos los sectores de la población (Ferreira, 2019).

La gestión adecuada de los residuos sólidos requiere la caracterización precisa de los mismos. Se revisarán métodos para la clasificación de residuos, teniendo en cuenta su origen, composición y peligrosidad. Se analizarán estrategias de recolección, transporte, reciclaje y disposición final, considerando las normativas ambientales vigentes y promoviendo la economía circular (Rondón, Marcel, Narea, & Fran, 2021).

La gestión integral de los recursos hídricos y la adecuada gestión de residuos sólidos no solo tienen un impacto ambiental, sino que también están intrínsecamente vinculadas a la sostenibilidad y la responsabilidad social. Se explorarán estrategias para involucrar a la comunidad en la reducción del IANC y la mejora de la gestión de residuos, promoviendo la conciencia ambiental y la participación ciudadana (Rondón , Marcel , Narea, & Fran, 2021).

En el contexto normativo, se llevará a cabo una revisión minuciosa de las leyes y regulaciones locales, regionales y nacionales que rigen la gestión de recursos hídricos y residuos sólidos. Este análisis se enfocará en comprender las obligaciones legales específicas de la empresa de servicios públicos en relación con el cumplimiento ambiental y la responsabilidad en la preservación de los recursos naturales. Además, se explorarán estándares internacionales y certificaciones relevantes, considerando su implementación como un mecanismo para mejorar la calidad de los servicios ofrecidos y fortalecer la reputación de la empresa tanto a nivel local como global (sanitaria, 2020).

En el ámbito del mantenimiento de plantas compactas, se examinarán teorías y enfoques actuales relacionados con la elaboración de manuales detallados. Se destacará la importancia de estrategias preventivas, abordando de manera específica aspectos mecánicos, eléctricos e hidráulicos. Este componente del marco teórico se centrará en la identificación anticipada de posibles errores y fallas, sentando las bases teóricas para la creación de un plan de emergencia robusto que pueda hacer frente de manera eficiente a cualquier contratiempo en la operación de la planta (SENA, 2022). Según (UPTC, 2020) la aplicación de prácticas preventivas en el mantenimiento no solo asegurará el funcionamiento eficiente de la planta de tratamiento compacta, sino que también contribuirá a la prolongación de su vida útil y a la minimización de costos asociados a reparaciones correctivas.

Para abordar la caracterización de residuos sólidos, se aplicarán teorías y técnicas específicas en la gestión de residuos. Esto incluirá el análisis para comprender la composición de los residuos y las oportunidades para la implementación de programas de reciclaje y reducción de desechos. En cuanto al diseño de un sistema de captación de fuentes hídricas, se recurrirá a teorías de gestión de recursos hídricos para analizar caudales, evaluar la calidad del agua y seleccionar tecnologías apropiadas que garanticen el acceso a agua de calidad para la comunidad (Edicions UPC, 2017).

El Fondo de Solidaridad en el contexto de servicios públicos, especialmente en el ámbito de suministro de agua y gestión de residuos, se fundamenta en principios de equidad y justicia social. Este mecanismo busca redistribuir los recursos financieros para garantizar el acceso a servicios esenciales a aquellos sectores de la población que enfrentan dificultades económicas (Cabra, 2019).

Desde una perspectiva teórica, el Fondo de Solidaridad se alinea con la noción de justicia distributiva, que aboga por proporcionar servicios básicos de manera equitativa, sin importar las disparidades económicas. La teoría económica y social respalda la idea de que el acceso a servicios básicos como el agua y la gestión de residuos debe ser un derecho universal, y el Fondo de Solidaridad actúa como una herramienta práctica para traducir estos principios en acciones concretas (Cabra, 2019).

El Factor de Subsidios en el ámbito de los servicios públicos se enmarca teóricamente en la economía del bienestar y la teoría de la equidad. En términos generales, los subsidios buscan corregir las disparidades económicas y garantizar que los servicios esenciales sean accesibles para todos los estratos sociales (DIALNET, 2018).

Desde una perspectiva teórica, el Factor de Subsidios se basa en la idea de que ciertos grupos de la población pueden enfrentar dificultades económicas para costear completamente los servicios públicos, y por lo tanto, es necesario implementar medidas que reduzcan su carga financiera. La teoría económica respalda la noción de que los subsidios pueden aumentar la equidad al proporcionar acceso igualitario a servicios básicos, al tiempo que se abordan las inequidades económicas (DIALNET, 2018).

Estas estrategias no solo se alinean con los valores fundamentales de equidad, sino que también buscan promover un desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida de comunidades que podrían enfrentar desafíos económicos. La implementación de estos mecanismos requiere una comprensión profunda de los principios teóricos subyacentes, asegurando así que las políticas y prácticas resultantes sean coherentes con los objetivos de equidad y justicia social (Cabra, 2019) y (DIALNET, 2018).

Además, se promoverá un enfoque de aprendizaje experiencial, basado en teorías de aprendizaje experiencial, donde el pasante adquirirá conocimiento práctico a través de la acción y la experiencia práctica en la resolución de problemas reales.

Este enfoque permitirá que el pasante desarrolle habilidades prácticas aplicables en su futura carrera profesional y contribuirá al fortalecimiento de su formación integral (Claudia Lorena García Zuluaga, 2016).

2.1. ESTADO DEL ARTE

Para establecer la revisión bibliográfica se realizaron diferentes búsquedas e investigaciones en las bases de datos Scopus, scielo, science direct y google académico desde el campo internacional, nacional y local relacionadas con la problemática de investigación de la empresa de servicios públicos ubicada en el municipio de Santana, Boyacá.

Investigación sobre metodología de caracterización para la gestión de caracterización de residuos sólidos: La investigación sobre la metodología de caracterización para la gestión de residuos sólidos se enfoca en el desarrollo de un enfoque sistemático y eficiente para evaluar y clasificar los distintos tipos de desechos presentes en una determinada área o comunidad.

La gestión adecuada de residuos sólidos es crucial para abordar los desafíos ambientales y de salud asociados con la acumulación descontrolada de desechos (Rondón , Marcel , Narea, & Fran, 2021). En este contexto, la caracterización de residuos sólidos se convierte en una herramienta fundamental para comprender la composición, origen y cantidad de los desechos generados, lo que facilita la implementación de estrategias efectivas de manejo y disposición.

Tabla 4. antecedentes investigativos en torno a la caracterización de residuos sólidos.

NOMBRE DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Título: Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el sector urbano de la ciudad de Tunja y propuesta de sensibilización para su separación en la fuente.</p> <p>Autores: Uriza Suárez, Nubia Esperanza</p>	<p>El objetivo de esta investigación es realizar una caracterización completa de los residuos sólidos domésticos urbanos producidos en la ciudad de Tunja, abarcando tanto su</p>	<p>El aporte clave de esta investigación reside en la generación de información precisa y contextualizada sobre la producción de residuos sólidos domésticos en Tunja. Esto permitirá</p>

	<p>cantidad como sus características. Se busca lograr esto a través de un enfoque metodológico mixto que incluye instrumentos cuantitativos y cualitativos. Además, se pretende proponer medidas concretas para la gestión y el manejo adecuado de los residuos sólidos, y generar materiales visuales que sensibilicen y orienten a la población respecto a la separación en la fuente y el uso adecuado de los métodos de recolección, transporte y disposición final.</p>	<p>diseñar estrategias y políticas de gestión de residuos más efectivas y adaptadas a las necesidades de la ciudad. Además, la propuesta de materiales visuales de sensibilización contribuirá a fomentar prácticas más sostenibles y responsables entre la población, lo que puede tener un impacto significativo en la reducción y gestión adecuada de los residuos sólidos en la ciudad.</p>
<p>Título: Propuesta pedagógica de Educación Ambiental, desde la perspectiva de la complejidad en torno a los residuos sólidos</p> <p>Autores: Yeison Fernando Cerquera</p>	<p>Reformular las prácticas de Educación Ambiental en colegios distritales para adoptar un enfoque pedagógico más integral y prevenir problemas ambientales. Esto implica considerar las necesidades de la comunidad educativa y comprender las complejas interacciones en el ciclo de vida de los Residuos Sólidos.</p>	<p>El aporte de esta investigación radica en la redefinición de las prácticas de Educación Ambiental en colegios distritales. Se propone un enfoque más completo y pedagógico, que no solo aborde la solución de problemas ambientales, sino que también considere las necesidades de la comunidad educativa y comprenda las</p>

		interacciones en el ciclo de vida de los Residuos Sólidos. Esto contribuirá a una educación ambiental más efectiva y a la prevención de problemas ambientales, superando enfoques simplistas y asignaturista.
<p>Título: <i>Caracterización de Residuos Sólidos.</i></p> <p>Autores: Andrés Felipe Montoya Rendón</p>	Realizar una caracterización precisa de los residuos sólidos en un sector específico a través de un procedimiento de aforo. Esto permitirá determinar su cantidad, composición y proporcionará bases para la toma de decisiones sobre su manejo, tratamiento y disposición final, así como para proyectar su crecimiento a lo largo del tiempo.	Un aporte clave de este artículo radica en su capacidad para proporcionar enfoques prácticos y técnicas útiles para la caracterización y el aforo de residuos sólidos en diversos entornos. Estas herramientas pueden ser valiosas para la toma de decisiones informadas sobre la gestión y el tratamiento de residuos, promoviendo estrategias más sostenibles y eficientes.
<p>Título: Los residuos sólidos urbanos en ciudades intermedias. Un estudio interdisciplinario e interinstitucional en Ushuaia, Argentina</p> <p>Autores: Paula Romina Mansilla</p>	El objetivo de esta investigación es incorporar las características de las metodologías críticas cualitativas al estudio de la percepción de los habitantes de Ushuaia, Tierra del Fuego, sobre	El aporte principal de esta investigación radica en la integración de enfoques cualitativos y críticos al estudio de los Residuos Sólidos Urbanos, superando las limitaciones de abordajes

	<p>la generación y caracterización de los Residuos Sólidos Urbanos. Esto implica reflexionar sobre el proceso investigativo actual y fortalecer la co-generación de conocimiento, considerando la multiplicidad de perspectivas y actores involucrados en la problemática.</p>	<p>unidisciplinarios. Al involucrar a diversos actores y perspectivas, se enriquece la comprensión de la percepción de la comunidad sobre esta problemática. Además, se fortalece la co-generación de conocimiento, lo que puede llevar a una gestión más efectiva y participativa de los residuos en Ushuaia y servir de modelo para otras ciudades que enfrentan desafíos similares.</p>
--	--	--

Fuente: Autor.

Investigaciones para el diseño de un sistema de captación de fuentes hídricas específico en bocatoma de fondo: Para llevar a cabo el diseño de un sistema de captación de fuentes hídricas, específicamente en una bocatoma de fondo, es esencial realizar investigaciones detalladas en diversas áreas clave. En primer lugar, se debe determinar el caudal de diseño necesario para la bocatoma, considerando patrones estacionales y asegurando la calidad del agua conforme a los estándares requeridos. Además, estudios topográficos son fundamentales para identificar la ubicación óptima de la bocatoma, y la investigación de la geología del área es crucial para garantizar la estabilidad del suelo y resistencia a la erosión (Lopez Cualla , 2017).

La comprensión de las condiciones hidrológicas es esencial, considerando factores como patrones de lluvia y caudales estacionales, así como la evaluación de eventos extremos como crecidas para diseñar estructuras de protección adecuadas. En términos de hidráulica fluvial, es necesario analizar la dinámica del flujo del río en la ubicación de la bocatoma, así como estudiar la sedimentación y las características de transporte de sedimentos (Lopez Cualla , 2017).

Tabla 5. Antecedentes investigativos en torno al diseño de sistema de captación de fuentes hídricas para el abastecimiento de municipios aledaños.

NOMBRE DE LA INVESTIGACION	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	APORTE A LA INVESTIGACION
<p>Título: Elementos de diseño para acueducto y alcantarillado</p> <p>Autores: (Lopez Cualla , 2017)</p>	<p>La bocatoma de fondo, al ser diseñada, persigue el objetivo fundamental de extraer agua de manera eficiente en entornos fluviales, centrándose especialmente en ríos pequeños o quebradas donde la profundidad del cauce es limitada. Esta estructura se caracteriza por su ubicación en la parte inferior del lecho del río, permitiendo la captación directa desde el fondo. Su diseño busca optimizar la eficiencia al aprovechar la energía hidrostática presente en esa zona, facilitando así la extracción incluso en condiciones de caudales bajos.</p> <p>Un segundo objetivo clave es la minimización de la sedimentación y el colmataje. La bocatoma de fondo reduce significativamente el riesgo de obstrucción por sedimentos al captar agua en el lecho del río, donde la velocidad del flujo es típicamente mayor. Esta característica contribuye a la durabilidad y eficacia</p>	<p>Un aporte significativo de la investigación sobre bocatomas de fondo es la identificación de una solución eficiente y adaptable para la captación de agua en ríos pequeños o quebradas de baja profundidad. Este tipo de estructura ofrece una alternativa viable y sostenible, destacando su capacidad para extraer agua incluso en condiciones de caudales bajos, lo cual es especialmente relevante en regiones donde la disponibilidad de recursos hídricos es un desafío constante.</p> <p>La minimización de la sedimentación y el colmataje es un beneficio clave derivado de este enfoque de captación. Al captar agua desde el lecho del río, se reduce significativamente el riesgo de obstrucciones por sedimentos, contribuyendo a la durabilidad y eficacia a largo plazo de la infraestructura. Este aporte puede ser crucial en entornos donde la</p>

	<p>del sistema a lo largo del tiempo.</p> <p>Además, la bocatoma de fondo se adapta de manera eficaz a ríos pequeños, ofreciendo una solución viable en entornos donde otras formas de captación podrían enfrentar desafíos relacionados con la baja profundidad del cauce.</p>	<p>sedimentación es un problema recurrente y puede afectar negativamente la operatividad de las instalaciones de captación.</p>
<p>Título: Resolución 330 de 2017 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial</p> <p>Autores: (Bogota, 2017)</p>	<p>El objetivo principal de la presente resolución es establecer y reglamentar los requisitos técnicos que deben cumplirse a lo largo de todas las fases involucradas en la planificación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. Busca asegurar la eficiencia, calidad, continuidad, seguridad y sostenibilidad de los servicios públicos, además de orientar las acciones en concordancia con los principios fundamentales que rigen el sector de agua potable y saneamiento básico en el</p>	<p>La resolución aporta un marco normativo claro y completo que guía a prestadores de servicios, entidades formuladoras de proyectos, entidades de vigilancia y control, entidades territoriales, diseñadores, constructores, operadores y demás actores involucrados en el sector de agua y saneamiento básico. Al establecer criterios orientadores, tales como la priorización de necesidades básicas insatisfechas, la ampliación de coberturas, la garantía de la prestación continua de servicios y la interacción proactiva con la comunidad, la resolución contribuye a la mejora de la calidad, eficiencia y sostenibilidad de los servicios públicos domiciliarios. Asimismo,</p>

	marco de la Ley 142 de 1994.	promueve la transparencia, la responsabilidad y la participación ciudadana en todas las etapas del proceso, consolidando así un enfoque integral para el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura del sector.
<p>Título: Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia: alternativa de abastecimiento hídrico.</p> <p>Autores: LOPEZ-HERNANDEZ, Nuria Aide</p>	<p>El objetivo de esta investigación es diseñar y comparar tres sistemas de captación de agua de lluvia en el municipio de Calpulalpan, Tlaxcala, con el propósito de destinarla a diferentes usos: consumo doméstico en un hogar de cuatro personas, consumo humano en una institución educativa de mil personas y riego de Stevia rebaudiana en un invernadero de media hectárea. Se busca determinar la viabilidad económica de la captación de agua de lluvia en comparación con la extracción de agua subterránea y su contribución al desarrollo sostenible del municipio.</p>	<p>El principal aporte de esta investigación radica en la demostración de la viabilidad económica y ambiental de los sistemas de captación de agua de lluvia en comparación con la extracción de agua subterránea en el contexto de Calpulalpan, Tlaxcala. Los resultados sugieren que la captación de agua de lluvia puede ser más rentable cuando la demanda de agua es baja, y esto puede tener un impacto positivo en el desarrollo sostenible del municipio al reducir la explotación de acuíferos y promover el uso responsable de los recursos hídricos.</p>
<p>Título: Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos</p> <p>Autores: Adolfo León Agatón, Juan Carlos</p>	<p>El objetivo de esta investigación es analizar y comparar los conceptos y métodos propuestos por diversos autores a nivel mundial en relación con la captación y aprovechamiento de aguas pluviales. Se</p>	<p>El aporte clave de esta investigación radica en la recopilación y análisis de los conceptos y métodos relacionados con la captación y aprovechamiento de aguas pluviales a nivel global. Esto permitirá</p>

<p>Córdoba Ruiz, Uriel Fernando Carreño Sayago</p>	<p>busca identificar las mejores prácticas y enfoques más efectivos para evitar el desperdicio de este recurso crítico y prevenir la contaminación y obstrucción de los sistemas de alcantarillado. Además, se pretende determinar la capacidad óptima de los tanques de recolección y almacenamiento en la planificación de sistemas de captación de aguas pluviales.</p>	<p>identificar las mejores prácticas para evitar el desperdicio de este recurso vital y abordar problemas asociados a la contaminación y obstrucción de los sistemas de alcantarillado. Además, al determinar la capacidad óptima de los tanques de recolección y almacenamiento, se contribuirá a la planificación efectiva de sistemas de captación de aguas pluviales, promoviendo su uso responsable y sostenible.</p>
<p>Título: Diseño de un sistema de captación de aguas pluviales, para el uso doméstico en viviendas del barrio La Florida del distrito de Yurimaguas – provincia de Alto Amazonas– región Loreto</p> <p>Autores: Grandez Rodriguez, Peggy Grandez Torres, Edgar Eli</p>	<p>El objetivo de esta investigación es desarrollar la ingeniería conceptual de un sistema de captación de aguas pluviales para fines domésticos en el Barrio La Florida, Yurimaguas, como una alternativa para el ahorro de agua potable. Los aspectos clave abordados incluyen el cálculo de los volúmenes disponibles de agua de lluvia, la evaluación del ahorro de agua potable logrado mediante el aprovechamiento del agua de lluvia, la estimación del presupuesto para la construcción del sistema y la proyección del ahorro generado. También se</p>	<p>El aporte fundamental de esta investigación radica en la presentación de una solución técnica viable y económicamente beneficiosa para el ahorro de agua potable en el contexto del Barrio La Florida, Yurimaguas. Los resultados sugieren que la captación de aguas pluviales puede ser una opción efectiva, especialmente si se implementa durante el proceso de construcción de viviendas nuevas, lo que facilita su instalación y reduce los costos a largo plazo. Esta investigación contribuye al desarrollo sostenible al abordar la gestión de recursos hídricos de manera más eficiente, al</p>

	llevará a cabo un análisis financiero utilizando el Valor Actual Neto (VAN) para evaluar la viabilidad económica del proyecto.	tiempo que brinda una evaluación financiera sólida que respalda la viabilidad del proyecto.
<p>Título: Diseño de un Sistema de Captación y Utilización de Aguas Lluvias para Usos No Potables, con una Reducción del 25% en el Gasto del Servicio de Acueducto de las Zonas Comunes Generando un Impacto Ambiental Positivo en el Centro Comercial Santafé de la Localidad de Suba, Bogotá D.C.</p> <p>Autores: López Huertas, Hermes Julián Morales Muñoz, Julián Santiago Pérez Angarita, Ricardo Eliceo</p>	El objetivo de esta investigación es diseñar un sistema de captación de aguas pluviales en la cubierta de la plaza de Venezuela, centrado en el riego de áreas verdes y fuentes decorativas. El proyecto tiene una duración estimada de 3 meses y 10 días y cuenta con el respaldo de los copropietarios del centro comercial.	El aporte fundamental de esta investigación es proporcionar un diseño completo y detallado de un sistema de captación de aguas pluviales para el riego y decoración. Los entregables generados servirán como una guía sólida para la implementación del proyecto, promoviendo prácticas responsables en la gestión de recursos hídricos en el contexto de un centro comercial.

Fuente: Autor.

Fondo de solidaridad y factores de subsidios: constituyen componentes esenciales en la gestión eficiente y equitativa de los servicios públicos, especialmente en el contexto de acueducto, alcantarillado y aseo. Estos instrumentos, diseñados para abordar las necesidades socioeconómicas de la población, juegan un papel crucial en la promoción de la accesibilidad universal a servicios básicos, al tiempo que garantizan la sostenibilidad financiera de los mismos (Cabra, 2019).

En esta investigación, nos adentramos en la revisión y actualización de los documentos relacionados con el Fondo de Solidaridad y los Factores de Subsidios en el municipio de Santana, Boyacá.

Analizamos su evolución normativa, considerando las implicaciones de decretos anteriores y destacando la importancia de ajustar estos instrumentos a las realidades contemporáneas (Cabra, 2019). Este proceso busca no solo cumplir con las regulaciones vigentes sino también optimizar la asignación de recursos para asegurar la equidad en el acceso a los servicios públicos, promoviendo así un desarrollo sostenible y una mayor calidad de vida para la comunidad.

Tabla 6. Antecedentes investigativos en torno a los documentos realizados en pueblos similares a Santana Boyacá de fondo de solidaridad y factores de subsidios.

NOMBRE DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Título: Acuerdo de factores de subsidio de Santana Boyacá</p>	<p>El propósito central de esta investigación es llevar a cabo la actualización del documento de factores de subsidios y fondo de solidaridad destinado al municipio de Santana, Boyacá. Se identifica la necesidad imperante de esta actualización, ya que el documento en cuestión ha permanecido desactualizado desde el año 1998. El objetivo principal consiste en revisar y modificar dicho documento, incorporando información relevante y actualizada que refleje de manera precisa las condiciones socioeconómicas y las necesidades específicas de la población de Santana, Boyacá. Este esfuerzo busca no solo cumplir con las</p>	<p>En virtud del Decreto 57 de 2006, se establecieron normativas para la aplicación del factor de aporte solidario en los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo; sin embargo, dicha disposición fue derogada por el artículo 7 del Decreto Nacional 4924 de 2011. En consideración de lo expuesto y en concordancia con el análisis del balance financiero del presupuesto correspondiente a la vigencia anterior, se constata una asignación de recursos de \$108.561.913, de los cuales se ejecutaron \$40.157.000 como gasto en el fondo, generando un superávit de \$68.404.913. Este excedente se identifica como suficiente para asegurar subsidios</p>

	<p>regulaciones actuales, sino también garantizar que el sistema de subsidios y fondo de solidaridad esté alineado con las realidades y requerimientos contemporáneos del municipio.</p>	<p>conforme a los topes mínimos establecidos.</p> <p>En consecuencia, se acuerda el establecimiento de factores de subsidio para los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en el municipio de Santana. Dichos factores, aplicables tanto al cargo fijo como al consumo básico, se detallan según el estrato, asignándose porcentajes de subsidio de 70% para el estrato 1, 40% para el estrato 2 y 15% para el estrato 3. Asimismo, se establecen los factores de aporte solidario para los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo en Santana, específicamente en la clase de uso comercial. Estos factores, expresados en porcentajes, son del 50% para el uso comercial y del 3% para el uso industrial. Con estas determinaciones, se busca regular de manera equitativa y actualizada los subsidios y aportes solidarios en los servicios públicos domiciliarios del municipio.</p>
--	--	---

<p>Título: Servicio Universal, Fondos de Solidaridad y Redistribución de Ingreso, el Caso del Saneamiento Básico.</p> <p>Autores: Uriza Suárez, Nubia Esperanza</p>	<p>El objetivo es examinar las necesidades económicas de la población vulnerable y los usuarios de bajos recursos, subrayando la responsabilidad social de la empresa de servicios públicos para contribuir al bienestar de la comunidad.</p> <p>Se argumenta que un fondo de solidaridad es crucial para mitigar las disparidades económicas y mejorar la equidad en el acceso a servicios básicos.</p>	<p>Se propone un marco conceptual para el fondo, delineando objetivos específicos y metas medibles. Además, se establecen criterios claros para la identificación y selección de beneficiarios, asegurando que el fondo se enfoque en aquellos que más lo necesitan.</p>
<p>Título: Los servicios públicos frente a las reformas económicas en Colombia.</p> <p>Autores: Amador Cabra Luis Eduardo</p>	<p>Evaluar el impacto de las reformas estructurales y legislativas implementadas en Colombia durante los años noventa sobre los servicios de saneamiento, centrándose en aspectos tarifarios, subsidios, evolución de la propiedad, modelo de competencia, cobertura, viabilidad empresarial y otros temas relevantes.</p>	<p>El estudio se enfocará en determinar cómo estas reformas han influido en la eficiencia y calidad de los servicios, examinando la viabilidad económica de las empresas del sector y evaluando la expansión de la cobertura, con especial atención a la redistribución de subsidios para garantizar equidad y accesibilidad.</p>
<p>Título: Presentación De Propuesta Del Procedimiento Para El Fondo De Solidaridad Para Subsidios Y Redistribución De</p>	<p>El objetivo principal de esta investigación es analizar y proponer un procedimiento innovador para la integración de las funciones del software Sistema de Información de</p>	<p>Este trabajo de pasantía contribuye significativamente al campo de la gestión de subsidios en el sector eléctrico, al abordar la integración de un nuevo</p>

<p>Ingreso FSSRI Integrando.</p> <p>Autores: Duque Arévalo, Julio Cesar Báez Silva, Edwin Alberto</p>	<p>Subsidios de Energía y Gas (SISEG) al Fondo de Solidaridad Para Subsidios y Redistribución de Ingresos (FSSRI), con un enfoque específico en la consolidación y validación de la información de subsidios y contribuciones del sector eléctrico.</p>	<p>software en un fondo especializado. El análisis detallado de los cambios en el procedimiento actual, derivados de la introducción del aplicativo SISEG, proporciona insights valiosos sobre las funcionalidades que ofrece el sistema y cómo estas transforman las actividades de consolidación y validación de información.</p>
--	---	---

Fuente: Autor.

Cartilla manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable: constituye una herramienta esencial para garantizar el funcionamiento eficiente y sostenible de las instalaciones encargadas de proveer agua de calidad a una comunidad determinada.

Este documento se configura como una guía detallada que abarca los procedimientos operativos y las prácticas de mantenimiento necesarias para asegurar la continuidad y la integridad del sistema de tratamiento de agua potable (Angelica Aaron, 2021).

En primer lugar, la cartilla presenta una descripción exhaustiva de la infraestructura de la planta de tratamiento, detallando cada componente y su función específica en el proceso global. Asimismo, se incluyen diagramas y esquemas que facilitan la comprensión de la disposición física de la planta, proporcionando una visión general que contribuye a la capacitación del personal encargado de la operación (Beltrán Orjuela, 2021).

El manual aborda de manera detallada los procedimientos operativos, desde la captación inicial del agua cruda hasta la distribución del agua tratada. Se describen los pasos clave, los parámetros de control y las medidas de seguridad necesarias para garantizar la conformidad con los estándares de calidad del agua potable. Además, se incorporan pautas para la supervisión continua del proceso, con el fin de detectar y corregir posibles desviaciones o problemas operativos (Benavides, 2003).

En lo que respecta al mantenimiento, la cartilla proporciona una planificación estructurada para llevar a cabo inspecciones regulares, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y sistemas de la planta. Se detallan las tareas específicas, las frecuencias recomendadas y los registros que deben mantenerse para evaluar el rendimiento y anticipar posibles fallas (Fernando, Jauregui , & Crespo Miellet , 2020).

Tabla 7. Antecedentes investigativos en torno a los documentos realizados de manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable.

NOMBRE DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Título: Control y evaluación de la planta de tratamiento de agua potable y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Caluma Nuevo del cantón Caluma – provincia de Bolívar</p> <p>Autores: Camacho García, Marlene Beatriz</p>	<p>El objetivo principal de esta investigación es examinar, mediante enfoques cualitativos y cuantitativos, los procesos y análisis llevados a cabo en la planta potabilizadora del sector Caluma Nuevo, con el propósito de mejorar el control y la operación de esta.</p> <p>La investigación busca medir la Calidad de Vida a través de una encuesta y, basándose en la información recopilada durante la investigación de campo y exploratoria, desarrollar un manual de control y operación específico para la planta</p>	<p>Esta investigación aporta significativamente al ámbito de la gestión y operación de plantas potabilizadoras, específicamente enfocándose en la mejora de procesos en la planta de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo. El manual propuesto no solo representa una guía detallada para el control diario de operaciones, sino que también incorpora una evaluación de la Calidad de Vida, destacando la importancia de la relación entre la calidad del agua y el bienestar de la comunidad.</p>

	de tratamiento de agua potable de Caluma Nuevo, ubicada en el cantón Caluma, provincia de Bolívar.	
<p>Título: Diseño planta de tratamiento de aguas residuales municipales, Quinchía – Risaralda.</p> <p>Autores: Pineda Vásquez, Hernán Darío</p>	<p>El objetivo principal de esta investigación es describir y pre dimensionar el tren de tratamiento de aguas residuales seleccionado para el municipio de Quinchía, Risaralda, con el propósito de aplicar los conceptos adquiridos en sistemas y alternativas de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>Este proyecto de investigación aporta significativamente al ámbito del tratamiento de aguas residuales en entornos rurales, específicamente en el municipio de Quinchía, Risaralda.</p> <p>Al describir y pre dimensionar el tren de tratamiento de aguas residuales, se contribuye al avance de las prácticas ambientales y al cumplimiento de las normativas colombianas en saneamiento.</p>

Fuente: Autor.

IANC: El "agua no contabilizada" incluye pérdidas por fugas en las tuberías, conexiones ilegales, errores de medición y otros factores que contribuyen a la pérdida de agua en el sistema de distribución.

Un IANC alto indica una eficiencia relativamente baja en la gestión del agua y puede sugerir la necesidad de mejoras en la infraestructura, la detección y reparación de fugas, y la implementación de medidas para reducir las pérdidas (INGA MÉNDEZ, 2014).

Reducir el IANC es esencial para garantizar un uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos, así como para mejorar la rentabilidad y la confiabilidad de los sistemas de suministro de agua.

Las autoridades locales y las empresas de servicios públicos suelen monitorear de cerca el IANC como parte de sus esfuerzos para optimizar la gestión del agua y garantizar un suministro adecuado a la población (URIZA SUÁREZ, 2016).

Tabla 8. Antecedentes investigativos en torno al IANC.

NOMBRE DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN	APORTE DE LA INVESTIGACIÓN
<p>Título: Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia</p> <p>Autores: Bueno-Herrera, D., Monroy-Ávila, E. y Zafra-Mejía, C. (2020).</p>	<p>El objetivo principal de esta investigación es realizar un análisis exhaustivo del agua no contabilizada en un sistema de abastecimiento urbano en Colombia, con un enfoque particular en sus implicaciones financieras para las empresas prestadoras del servicio. A través de la recopilación de datos durante un período de aproximadamente 16 años, se busca comparar y contextualizar el índice de agua no contabilizada (IANC) en el sistema de abastecimiento con informes de sistemas similares en Colombia e internacionalmente.</p>	<p>Esta investigación aporta al conocimiento y la gestión eficiente del recurso hídrico en contextos urbanos en Colombia. Al centrarse en las pérdidas de agua no contabilizada, el estudio destaca la relevancia de abordar este problema desde una perspectiva financiera y económica, evidenciando su impacto en los costos de suministro del agua.</p> <p>El análisis comparativo con sistemas de referencia, tanto nacionales como internacionales, proporciona un marco para evaluar la eficiencia del sistema de abastecimiento estudiado.</p>

Fuente: Autor.

2.2. MARCO LEGAL

La presente investigación se enmarca en un contexto legal sólido y específico que regula la prestación de servicios públicos domiciliarios en Colombia, con un enfoque particular en el suministro de agua potable y servicios asociados. El marco legal establecido por normativas como la Ley 142 de 1994 y la Ley 143 de 1994 proporciona las bases fundamentales para la operación eficiente y equitativa de los servicios públicos, definiendo principios, derechos y responsabilidades tanto para los usuarios como para las empresas prestadoras de estos servicios.

La investigación se sitúa en el contexto de la Ley 1450 de 2011, que aprueba el Plan Nacional de Desarrollo, orientado hacia la consecución de la prosperidad para todos los ciudadanos. Este plan aborda objetivos clave, como la consolidación de la seguridad, el progreso social, el dinamismo económico regional, la generación de empleo formal y la reducción de la pobreza, contribuyendo así a un desarrollo sostenible y al crecimiento continuo. Además, se basa en otras leyes fundamentales las cuales se muestran a continuación:

Tabla 9. Marco jurídico de la investigación.

Norma	Observaciones
Ley 142 de 1994	Es una legislación colombiana que establece el marco legal para la prestación de los servicios públicos domiciliarios en el país. Esta ley es de gran importancia ya que regula aspectos clave relacionados con la prestación de servicios como el suministro de agua potable, alcantarillado, energía eléctrica, gas combustible y aseo.
Ley 143 de 1994	Define principios generales, derechos y deberes de los usuarios, y las responsabilidades de las empresas prestadoras de servicios públicos domiciliarios, incluyendo el servicio de energía eléctrica. Establece un marco para la regulación, planeación, expansión, prestación, y fiscalización de los servicios públicos domiciliarios.
Ley 1450 de 2011	Aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2011-2014, titulado "Prosperidad para Todos". Este plan tiene como objetivo principal consolidar la seguridad con miras a alcanzar la paz, impulsar un significativo progreso social, lograr un dinamismo económico regional para un desarrollo sostenible y crecimiento continuo, fomentar la

Norma	Observaciones
	generación de empleo formal, reducir la pobreza y, en última instancia, promover una mayor prosperidad para toda la población.
Ley 373 DE 1997	Establece la obligatoriedad de integrar un programa para el uso eficiente y ahorro del agua en todos los planes ambientales regionales y municipales. Este programa abarca proyectos y acciones que deben ser desarrollados y adoptados por las entidades responsables de servicios como acueducto, alcantarillado, riego, drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.
Ley 80 de 1993	"Ley de Contratación Estatal", establece los lineamientos para la contratación que realizan las entidades estatales en el país. Aplicando a nivel nacional y territorial, así como a entidades descentralizadas y organismos de control, la ley se fundamenta en principios como la transparencia, la competencia, la eficiencia, la moralidad y la responsabilidad en el manejo de recursos públicos.
Resolución CRA 825 de 2017	Colombia establece la metodología tarifaria para las entidades que proveen servicios de acueducto y alcantarillado. Esta resolución se aplica a las personas prestadoras de estos servicios, ya sea en áreas urbanas con hasta 5,000 suscriptores o en áreas rurales. En otras palabras, la resolución define las reglas para calcular y estructurar las tarifas que estas entidades pueden cobrar por sus servicios de suministro de agua y saneamiento.
Ley 99 de 1993	Corresponde al Ministerio del Medio Ambiente establecer los límites máximos permisibles de emisión; del mismo modo, prohibir, restringir o regular la disposición o vertimiento de sustancias causantes de degradación ambiental.
Resolución CRA 659 de 2013	Esta modificación tiene como objetivo establecer criterios para la protección de los derechos de los usuarios en cuanto a la facturación y devolución de cobros no autorizados en los servicios de acueducto, alcantarillado y/o aseo.

Norma	Observaciones
Resolución 330 de 2017	Establece las normativas y requisitos técnicos que deben cumplirse en todas las fases del ciclo de vida de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. Desde la etapa de planificación hasta la construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación, esta resolución reglamenta los estándares técnicos para garantizar la calidad y eficiencia en la prestación de estos servicios esenciales.
Ley 388 de 1997	Introduce instrumentos como los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y promueve la participación ciudadana en los procesos de planificación y desarrollo territorial.
Resolución 415 de 2006	Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico. El propósito fundamental de este control es alinear los objetivos de las entidades que prestan servicios públicos con sus metas sociales y mejoras estructurales, estableciendo criterios claros para evaluar sus resultados.

Fuente: Autor.

3. METODOLOGIA

En esta sección, se establecen los objetivos de la investigación experimental y se plantean los posibles desafíos que podrían surgir en la consecución de dichos objetivos. Se reitera brevemente la importancia de la investigación y se proporciona un contexto para comprender los métodos empleados.

3.1. Cartillas de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable y caracterización de residuos sólidos

3.1.1. Cartillas de operación y mantenimiento

Se destaca que se realizan dos cartillas la principal que se encuentra en el casco urbano la cual es tipo FIME con un caudal de diseño de 8 L/s y tres (3) que suministran la zona rural del municipio (Pozo de burro, el Muhan, San Isidro) donde son de tipo compacto. Se realiza la actualización de las cartillas de manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable en las cuales se tiene en cuenta documentos similares de otros municipios y se basa de los

manuales que ya estaban anteriormente, se identifican las mejoras a realizar y se actualiza incluyendo la revisión y modificación de políticas, procedimientos y prácticas operativas para cumplir con las regulaciones ambientales vigentes. En base a lo anterior, se tiene en cuenta lo siguiente:

La actualización de las cartillas de manual de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable es un proceso integral que involucra la revisión exhaustiva de documentos similares provenientes de otros municipios, así como la incorporación de las lecciones aprendidas de los manuales previos. Este proceso no solo se limita a la simple adaptación de información, sino que se enfoca en identificar y aplicar mejoras sustanciales que optimicen la eficiencia y la eficacia de las operaciones.

En este contexto, se realiza una cuidadosa revisión de las políticas existentes, los procedimientos establecidos y las prácticas operativas vigentes. El objetivo primordial es asegurar que todas las directrices y acciones estén alineadas con las regulaciones ambientales actuales. La actualización no solo implica la incorporación de nuevas normativas, sino también la modificación de aquellas políticas y procedimientos que requieran ajustes para cumplir con los estándares más recientes.

Además, se lleva a cabo una exhaustiva evaluación de las prácticas operativas, con especial énfasis en la identificación de oportunidades para la implementación de tecnologías innovadoras y mejores prácticas en el tratamiento de agua potable. Este enfoque proactivo permite no solo cumplir con las exigencias normativas, sino también avanzar hacia la excelencia en la gestión del recurso hídrico. La actualización no solo se limita a lo técnico, sino que también abarca la revisión y fortalecimiento de la capacitación del personal, asegurando que estén debidamente informados sobre los cambios implementados y dotándolos de las habilidades necesarias para llevar a cabo las nuevas operaciones de manera eficiente y segura.

3.1.1. Programación de metodología de caracterización de residuos sólidos

La duración temporal de la investigación abarca un periodo específico durante el cual se recopilaron los datos necesarios para llevar a cabo la caracterización de los

residuos sólidos. Esta investigación tiene como objetivo principal apoyar la gestión operativa del servicio de aseo de la empresa, optimizando sus procesos y asegurando un manejo eficiente de los residuos.

En el marco de la metodología utilizada, se dio inicio al proceso con una reunión estratégica con la gerencia de la empresa. En este encuentro, se buscó comprender a fondo las necesidades y expectativas de la gerencia en relación con la caracterización de los residuos sólidos. Este paso es crucial para alinear los objetivos de la investigación con los requerimientos específicos de la empresa y garantizar resultados relevantes. Posteriormente, se llevó a cabo una exhaustiva revisión de la documentación existente, incluyendo registros y documentos relevantes relacionados con la gestión de residuos sólidos de la empresa. Este análisis previo proporciona una base sólida para la planificación y ejecución de la caracterización, permitiendo identificar áreas de enfoque y posibles áreas de mejora.

Con base en la información recopilada durante la reunión con la gerencia y la revisión de documentación, se procedió al diseño del Plan de Caracterización. Este plan detalla la metodología a seguir, la selección de puntos de muestreo y la logística necesaria para llevar a cabo la caracterización de manera efectiva. Este diseño se realiza con el objetivo de obtener datos precisos y representativos que puedan informar las decisiones operativas de la empresa.

Finalmente, como resultado de la investigación, se elaborará un informe detallado que incluirá los resultados de la caracterización de los residuos sólidos. Además, se presentarán recomendaciones específicas para mejorar la gestión de estos residuos, junto con una propuesta de plan de acción que pueda ser implementado por la empresa. Este informe proporcionará una guía práctica para la toma de decisiones y la mejora continua en la gestión de residuos sólidos.

3.2. Toma de medidas del diseño de captación de fuentes hídricas y diseño de bocatoma de fondo

En otra instancia con el fin de seguir cumpliendo lo propuesto en este apartado se debe tener en cuenta que para cumplir efectivamente con el apoyo para realizar la toma de medidas y el diseño de bocatoma de fondo de las fuentes hídricas que abastecen el municipio de Santana, Boyacá; se siguen una serie de criterios que se deben cumplir dentro de la empresa como lo son:

3.2.1. Toma de medidas del diseño de captación de fuentes hídricas:

Para llevar a cabo la toma de medidas esencial para el proyecto, nuestro equipo de trabajo se reunió y llevó a cabo una evaluación minuciosa de las fuentes hídricas encargadas de abastecer al municipio. Durante este proceso, se identificaron elementos cruciales como la ubicación precisa de las fuentes, su caudal y otros parámetros relevantes. Posteriormente, nos dirigimos al punto de captación de las fuentes hídricas, centrándonos especialmente en la bocatoma de fondo.

En el sitio de captación, se procedió a tomar medidas meticulosas de varios elementos clave, incluyendo la rejilla, la bocatoma, el grosor y distancia de los tubos, así como las dimensiones de la caja de control, entre otros aspectos relevantes. Estas medidas son esenciales para proporcionar al ingeniero encargado la información detallada necesaria. El ingeniero utilizará estos datos para la creación de planos y la elaboración de un nuevo diseño que optimice la captación de agua y asegure la eficiencia del sistema.

Cabe destacar que estas medidas también son cruciales en el proceso de diseño de la bocatoma de fondo. La información recopilada sobre la ubicación y dimensiones de los elementos mencionados servirá como base fundamental para la planificación y creación de una bocatoma de fondo que se adapte eficazmente a las condiciones específicas de las fuentes hídricas en cuestión. En última instancia, este enfoque detallado y preciso en la toma de medidas es fundamental para garantizar el éxito del proyecto y la eficiencia del sistema de captación de agua.

3.2.2. Diseño de bocatoma de fondo:

Diseño de la presa

El primer paso es verificar los caudales, que el caudal de diseño, que el caudal máximo diario sea inferior al caudal mínimo del río en el sitio de la captación. O anterior se hace con el fin de obtener el caudal mínimo del río se puede recurrir a datos de medición de caudal en la cuenca, a mediciones de caudal directa. La bocatoma se diseña como un vertedero rectangular con doble tracción, la ecuación es:

$$Q = 1,84 L H^{1,5} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Para determinar el valor de lámina de agua para las condiciones de diseño del caudal máximo diario (Q_{\max} diario) y para las condiciones máximas y mínimas de la anterior ecuación 1 se despeja la H :

$$H = \left(\frac{Q}{1,84L}\right)^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Se debe realizar la corrección de longitud de vertimiento, teniendo en cuenta que existen las contracciones laterales:

$$L' = L - 0,1 n H \quad (\text{Ecuación 3})$$

En donde n es el número de contracciones laterales, entonces la velocidad del agua al pasar por la rejilla es de:

$$Vr = \frac{Q}{L'H} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Y debe estar comprendida entre 0,3 y 3,0 m/s, de manera que pueden ser aplicables las ecuaciones del alcance del chorro presentadas. a continuación, para determinar el ancho del canal de aducción.

Diseño de la rejilla y el canal de aducción

Ancho del canal de aducción:

$$Xs = 0,36Vr^{\frac{2}{3}} + 0,60 H^{\frac{4}{7}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$Xi = 0,18 Vr^{\frac{4}{7}} + 0,74 H^{\frac{3}{4}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$B = Xs + 0,10 \quad (\text{Ecuación 7})$$

En donde:

- X_s : Alcance filo superior (m)
- X_i : Alcance filo inferior (m)
- V_r : Velocidad del río (m/s)
- H : Profundidad de la lamina de agua sobre la presa (m)
- B : Ancho del canal de aducción (m)

Rejilla:

Para una rejilla con barrotes en la dirección del flujo, el área neta de la rejilla se determina:

$$A_{neta} = a N B \quad (\text{Ecuación 8})$$

En donde:

- A_n : Es el área neta de la rejilla en (m²)
- a : Separación entre barrotes (m)
- N : Numero de orificios entre barrotes.

Siendo el b el diámetro de cada barrote, la superficie total de la rejilla es aproximadamente:

$$A_{total} = (a + b) B N \quad (\text{Ecuación 9})$$

Al realizar la relación entre el área neta y el área total se tiene:

$$\frac{A_{neta}}{A_{total}} = \frac{a}{a + b}$$

$$A_{neta} = \frac{a}{a+b} A_{total} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Se reemplaza el área total en función de la longitud de la rejilla, L_r :

$$Aneta = \frac{a}{a+b} B Lr \quad (\text{Ecuación 11})$$

Por otra parte, el caudal atreves de la rejilla es de:

$$Q = K Aneta Vb \quad (\text{Ecuación 12})$$

En donde:

- K: 0,9 para flujo paralelo a la sección
- Vb: velocidad entre barrotes (máxima de 0,2 m/s para disminuir el arrastre de solidos hacia la rejilla)

Niveles en el canal de aducción

Suponiendo que todo volumen de agua se capta al inicio del canal, el nivel de la laminas de aguas arriba se obtiene por medio del análisis de cantidad de movimiento en el canal:

$$ho = \left\{ 2he^2 + \left(he - \frac{iLc}{3} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} iLc \quad (\text{Ecuación 13})$$

Para que la entrega a la cámara de reconexión se haga en descarga libre, se debe cumplir que:

$$he = hc$$

$$hc = \left(\frac{Q^2}{gB^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ecuación 14})$$

En donde:

- ho = Profundidad aguas arriba (m)
- he = Profundidad aguas abajo (m)
- hc = Profundidad critica (m)
- i = Pendiente del fondo del canal

- g = Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)
- L_0 = Longitud del canal (m). Longitud de rejilla más espesor del muro

Es importante dejar un borde libre de 15 cm.

Para que la ecuación de dimensionamiento de la cámara (ecuación 15) sea válida, la velocidad, a la entrega de la cámara de recolección, V_e , debe ser mayor de 0,3 m/s y menor de 3,0 m/s.

Diseño de la cámara de recolección

Se aplican nuevamente las ecuaciones de alcance de un chorro de agua ((Ecuación 5) (Ecuación 6)), reemplazando los términos por los de la condición de la entrada a la cámara.

$$X_s = 0,36Ve^{\frac{2}{3}} + 0,60he^{\frac{4}{7}}$$

$$X_i = 0,18Ve^{\frac{4}{7}} + 0,74he^{\frac{3}{4}}$$

$$L = X_s + 0,30 \quad \text{(Ecuación 15)}$$

Es esencial considerar que, si bien se necesitan realizar cálculos hidráulicos para determinar las condiciones mínimas requeridas para la cámara de recolección, es igualmente crucial ajustar las dimensiones de la cámara de manera que permitan un mantenimiento efectivo.

La profundidad, representada por la variable H , debe ser suficiente para compensar las pérdidas por entrada y fricción en la tubería de conducción que conecta la bocatoma con el desarenador. Se asume un valor específico de 0,60 metros para este propósito.

Desagüe del caudal de excesos T

La determinación del caudal de excesos implica considerar que, sobre la rejilla de la bocatoma, fluirá un caudal superior al diseño previsto. Esto dará lugar a una lámina de agua que excede la altura diseñada. La evaluación de esta lámina de

agua se realiza mediante la (Ecuación 2), donde se sustituye el caudal correspondiente al máximo o promedio del río. La capacidad máxima de captación de la rejilla puede aproximarse mediante la ecuación de un orificio, expresada de la siguiente manera:

$$Q_{captado} = C_d A_{neta} \sqrt{2gH} \quad (\text{Ecuación 16})$$

En donde:

- $Q_{captado}$ = Caudal a través de la rejilla (m³/s)
- C_d = Coeficiente de descarga= 0,3
- A_{neta} = Área neta de la rejilla (m²)
- H = Altura de la lámina de agua sobre la rejilla (m)

Este caudal ingresa a la cámara de recolección a través del canal, donde se instala un vertedero sin constricciones laterales destinado a separar el caudal de diseño del caudal de excesos. Para lograr esto, la elevación de la cresta del vertedero debe coincidir con el nivel del agua necesario para dirigir el caudal de diseño hacia el desarenador. Inicialmente, se adopta un valor tentativo de 0,60 metros, el cual se ajustará una vez completado el diseño detallado de la tubería de conducción entre la bocatoma y el desarenador.

En resumen, el caudal de excesos será la diferencia entre el caudal captado través de la rejilla y el caudal de diseño.

$$Q_{excesos} = Q_{captado} - Q_{diseño} \quad (\text{Ecuación 17})$$

El vertedero de excesos se ubica a una distancia adecuada para la pared de la cámara de recolección, para esto se utilizan las (ecuaciones 2,4,5 y 7) aplicadas a las condiciones de excesos determinadas anteriormente.

El diseño de la tubería de excesos, cuyo diámetro mínimo es de 6" (15 cm) se ha de contemplar la pendiente disponible entre el fondo de la Cámara y el punto escogido para la descarga de excesos. Este punto debe estar a 15 cm por encima del nivel máximo del río.

3.3. IANC

3.5.1 Documentos de factores de subsidios y fondo de solidaridad

La actualización de los documentos de fondo de solidaridad y factores de subsidios para el municipio es un proceso crucial para la empresa de servicios públicos, que implica una serie de pasos específicos. En primer lugar, se lleva a cabo la revisión exhaustiva del documento actual, analizando detalladamente los documentos ya existentes. Este paso es fundamental para identificar áreas de mejora y oportunidades de optimización en términos de eficiencia y transparencia en la gestión de los recursos hídricos.

En el contexto de la empresa de servicios públicos, se presta especial atención a la revisión de los documentos relacionados con el cálculo del índice de agua no contabilizada. La evaluación de los factores y subsidios se realiza de manera integral, considerando tanto la equidad en la distribución de los recursos como la sostenibilidad financiera de la empresa. Este análisis tiene en cuenta la necesidad de ajustar políticas y procedimientos para garantizar la conformidad con las regulaciones ambientales vigentes y, al mismo tiempo, asegurar un manejo eficiente de los recursos hídricos.

Una vez completada la revisión, se procede a la actualización del sistema. Esta etapa implica la modificación y mejora de los documentos, incorporando los cambios necesarios en políticas, procedimientos y prácticas operativas. En este contexto, se busca no solo cumplir con las regulaciones ambientales, sino también fortalecer la transparencia y la equidad en la aplicación de factores y subsidios. Además, se considera la necesidad de mantener la coherencia con las políticas de la empresa de servicios públicos, asegurando la eficacia y eficiencia en la prestación de servicios a la comunidad.

3.5.2 Metodología para el cálculo del IANC

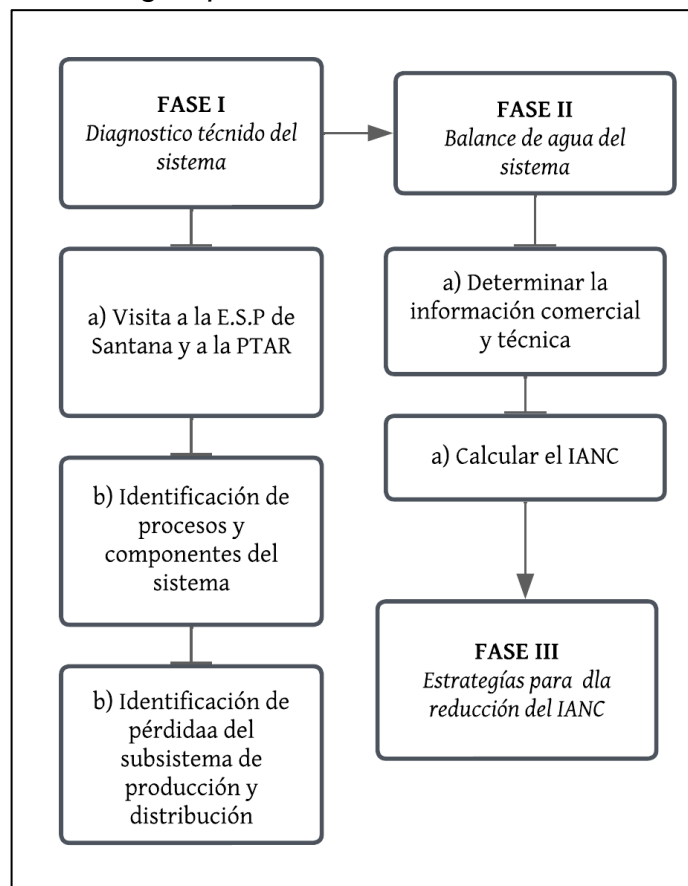
Finalmente, para concluir con las labores planteadas en dicha pasantía se debe tener en cuenta, uno de los objetivos más significativos del presente informe se centra en determinar el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) en la empresa de Servicios Públicos Domiciliarios de Santana, Boyacá, Colombia.

Esto se logrará mediante la aplicación de la metodología propuesta por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial año 2020, abarcando aspectos

generales, comerciales y técnicos operativos del sistema de acueducto de la empresa. Además, se calcularán los volúmenes de pérdida de agua en diferentes etapas del sistema de acueducto y se analizará el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) como resultado final de esta evaluación. Se proporcionarán estrategias para los distintos factores identificados que generan estas pérdidas. Este documento se basa en la metodología establecida por el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenamiento Territorial denominada “Agua no contabilizada para municipios menores y zonas rurales”.

Esta guía se desarrolló para los municipios pequeños y áreas urbanas específicas con las opciones y capacidad para cumplir cuidadosamente su responsabilidad constitucional de garantizar un suministro eficiente de agua potable. Es por eso por lo que se aborda mediante dos fases generales que se explican en el diagrama metodológico (Fig 1.), en donde en la fase uno se evalúan tres aspectos y en la fase dos se identifican dos aspectos, lo cual permite dar cumplimiento al objetivo general.

Figura 1. Diagrama metodológico para el IANC.



Fuente: Autor.

Cabe resaltar que para el cumplimiento de la metodología planteada, no se necesita de permisos especiales para la obtención de documentos, ya que la empresa brinda lo necesario con el fin de que el pasante cumpla con sus deberes, también es importante resaltar que se trabaja con la comunidad santanera ya que es la única que se relaciona con la empresa de servicios públicos, comunidad que en su mayoría no representan vulnerabilidad; Esta metodología detallada anteriormente brindara la ayuda y ejecución efectivo de los problemas y objetivos planteados y generara resultados aceptables para la mejora de la gestión operativa de la empresa y también la ambiental de la Empresa De Servicios Públicos De Santana en Santana, Boyacá.

4. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. DIAGNOSTICO

El municipio de Santana se encuentra ubicado en la provincia de Ricaurte bajo en el departamento de Boyacá. La zona se localizó con una altitud media de 1550 m.s.n.m, un área de 67 km² (Departamento Nacional de Planeación,2020). Dentro de los aspectos hidrológicos se resalta que el municipio es abastecido por las quebradas el Salitre, el Mohán, Morales, Guasinea, Chorrea y Gualí, donde son suministrados por río Suárez, sirve de límite entre los Departamentos (Lina M.,2021) de Boyacá y Santander. Santana cuenta con siete (7) veredas y con 8088 habitantes donde 2348 habitantes se encuentran en el casco urbano (Departamento Nacional de Planeación, 2020).

La empresa de servicios públicos EMSANTANA ESP de Santana Boyacá fue fundada en 18 de enero de 2008, Teniendo en cuenta que anteriormente se mencionó los procesos a realizar en la empresa como pasante, uno de los primeros resultados consistió en un plan de trabajo a realizar durante la estadía en la empresa en la cual se recibió la capacitación y se firmaron los documentos como el acta principal, entre otros.

4.2. Cartillas de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potables y caracterización de residuos solidos

4.2.1. Cartillas de operación y mantenimiento

Se ha desarrollado una exhaustiva guía de manual de operación y mantenimiento para la planta de tratamiento de la roca (El principal tipo FIME en el casco urbano)

y para el tipo compacta (tres (3) que suministran la zona rural del municipio (Pozo de burro, el Muhan, San Isidro, este manual detalla de manera integral los diversos procesos que la planta debe llevar a cabo.

Estos documentos abordan con especial atención los posibles riesgos asociados tanto al funcionamiento general de la planta como a las operaciones específicas de las máquinas involucradas. Además, se han incorporado medidas preventivas y correctivas para hacer frente a estos riesgos y garantizar un entorno de trabajo seguro. A continuación, se muestran algunos de los ajustes más importantes que se actualizaron en estos dos manuales:

Manual de operación y mantenimiento de planta de tratamiento La Roca (Casco urbano)

En el anexo 9, se presenta la portada de la cartilla, este documento se elaboró con el fin de que los operarios de dicha planta entendieran su funcionamiento y mantenimiento, así como los riesgos y las medidas preventivas, que se tienen que optar para la planta, el documento fue entregado a la empresa y este cuenta con la disponibilidad de la información, a continuación, se presenta, algunos de los datos mas importantes que se realizaron en el documento:

La operación de la planta de tratamiento de agua potable involucra varias áreas críticas, como el floculador, sedimentador colmena, canaleta, filtros gruesos ascendentes y filtros lentos de arena. Para garantizar eficiencia y seguridad, es esencial implementar medidas preventivas y correctivas.

Figura 2. Cartilla de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento la roca.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ROCA



2023

Fuente: Autor.

En el floculador, se deben realizar inspecciones visuales regulares, ajustar la dosis de coagulante y controlar el flujo para evitar problemas en la formación del floc. En el sedimentador colmena, la gestión implica monitoreo continuo del nivel de agua, flujo y lodos, con inspecciones y mantenimiento rutinario para evitar obstrucciones y daños. La canaleta requiere monitoreo constante del flujo y ajustes según sea necesario.

En el contexto de la operación de la planta de tratamiento de agua potable, es fundamental destacar la importancia de la canaleta, un componente esencial para garantizar un flujo continuo y eficiente del agua en el sistema.

La gestión de riesgos en la canaleta implica un monitoreo y control regulares del flujo de agua, con ajustes de válvulas o compuertas según sea necesario. El seguimiento constante del nivel de agua en el canal ya sea mediante sensores o mediciones manuales, es crucial para asegurar que esté dentro de los límites operativos establecidos.

En los filtros gruesos ascendentes, se deben realizar inspecciones regulares para prevenir obstrucciones, y en los filtros lentos de arena, se destaca la importancia del retro lavado programado, control diario del caudal y almacenamiento adecuado de arena para evitar pérdida de eficiencia. Además, se enfatiza evitar paradas prolongadas y realizar una programación eficiente durante la limpieza.

En el sistema de desinfección, se mitigan riesgos con el uso de equipos automáticos y cumplimiento de regulaciones, mientras que en los tanques de reserva se abordan problemas estructurales con inspecciones periódicas y se controla la falta de cloro con sistemas de dosificación confiables.

Para mantener la calidad del agua tratada, se implementan programas de retro lavado y monitoreo constante para prevenir la acumulación de impurezas en los filtros lentos de arena y la obstrucción de ranuras en los filtros gruesos ascendentes. El control diario del caudal y ajustes de velocidad de filtración son esenciales, al igual que el almacenamiento adecuado de arena para evitar pérdida de eficiencia.

En el Sistema de Desinfección, el uso de hipoclorito de calcio al 70% se gestiona con equipos automáticos y estricto cumplimiento de regulaciones locales. Para evitar dosificaciones inadecuadas, se realiza la calibración regular y el mantenimiento de los equipos. Las limpiezas regulares, inspecciones visuales y enjuagues con agua garantizan la integridad del sistema y evitan la contaminación.

Los Tanques de Reserva son elementos críticos para la continuidad del suministro. Se mitiga la falta de cloro mediante sistemas de dosificación confiables, calibrados y sometidos a inspecciones visuales periódicas.

Problemas estructurales se previenen con mantenimiento rutinario y reparaciones inmediatas, mientras que la contaminación se controla mediante pruebas periódicas de calidad, limpieza y desinfección regular. Para evitar interrupciones durante el mantenimiento, se adopta un enfoque estratégico utilizando los tanques como suministro alternativo.

La documentación detallada de actividades, pruebas periódicas y un plan de acción para problemas eventuales fortalecen la capacidad de PTAP La Roca para proporcionar un suministro continuo, seguro y de alta calidad de agua potable a la comunidad. La combinación de medidas preventivas y correctivas contribuye a mantener la eficiencia y seguridad operativa de la planta, minimizando riesgos y asegurando la calidad del agua tratada para el consumo humano.

Manual de operación y mantenimiento de planta de tratamiento tipo compacta (zona rural)

En el Anexo 10, se presenta la portada de la cartilla, un documento elaborado con el claro objetivo de proporcionar una comprensión integral a los operarios de la planta sobre el funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones. Asimismo, se aborda de manera detallada los riesgos inherentes a las operaciones en la planta, así como las medidas preventivas esenciales que deben ser adoptadas para salvaguardar la seguridad y eficiencia del entorno laboral.

Figura 3. Cartilla de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento tipo compacta.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE COMPACTA



2023

Fuente: Autor.

Este documento, entregado a la empresa correspondiente, se erige como una herramienta informativa fundamental, asegurando la disponibilidad de información clave para el personal operativo. Entre los aspectos más destacados abordados en el informe se encuentran detalles precisos sobre los procesos y protocolos de la planta, proporcionando a los trabajadores una guía comprensiva para llevar a cabo sus tareas de manera segura y eficiente.

Además, se destacan en el documento los riesgos potenciales asociados con las operaciones de la planta, detallando de manera exhaustiva los posibles escenarios y sus respectivas medidas de prevención. Este enfoque proactivo hacia la seguridad busca no solo informar, sino también empoderar a los operarios con el conocimiento necesario para identificar y mitigar riesgos en su entorno laboral.

El manual sobre la operación y mantenimiento de plantas de agua potable compactas enfatiza la necesidad crítica de eficacia y seguridad en el suministro de agua. Se centra en cinco componentes clave, como la torre de aireación y el Tanque Sedimentador Colmena, diseñados para maximizar la eficiencia en espacios limitados sin comprometer la calidad del agua tratada. Las plantas compactas, ideales para comunidades pequeñas, integran procesos esenciales en un solo tanque, siendo modular y adaptable a entornos con limitaciones espaciales.

El manual proporciona definiciones clave y directrices para operar y mantener eficientemente la planta compacta, subrayando la importancia del mantenimiento correctivo y preventivo. Se detalla el proceso de mantenimiento correctivo, incluyendo análisis funcional, intervención técnica y medidas proactivas. Se profundiza en la torre de aireación y el Tanque Sedimentador Colmena, destacando sus diseños, procesos y riesgos potenciales con medidas preventivas y correctivas.

Se aborda el Tanque de Filtro Rápido Ascendente de Antracita como componente esencial, describiendo su funcionamiento y necesidad de mantenimiento regular. El manual destaca inspecciones periódicas, control de caudal y presión, y acciones correctivas para problemas potenciales. Finalmente, se resalta la importancia de gestionar riesgos asociados con el tanque de coagulante y el tanque de soda cáustica, abordando posibles problemas y estableciendo procedimientos para mantener la seguridad y eficiencia del sistema.

El manual subraya la importancia de la gestión de riesgos en el manejo del tanque de coagulante y el tanque de soda cáustica. En el caso del tanque de coagulante, se destaca la dosificación adecuada como crucial para evitar compromisos en la eficiencia del tratamiento del agua. Se enfatiza la necesidad de pruebas periódicas, ajustes según la calidad del agua cruda y el mantenimiento de registros precisos para garantizar dosificaciones óptimas y realizar ajustes cuando sea necesario.

En cuanto al tanque de soda cáustica, se abordan los riesgos asociados con la corrosividad y el manejo. La corrosión o daños en el tanque pueden poner en peligro su integridad estructural, lo que podría resultar en fugas o derrames de soda

cáustica. Se subraya la importancia de inspecciones regulares para identificar signos de corrosión, fugas o daños, y la toma de medidas correctivas oportuna para mantener un funcionamiento seguro y eficiente.

El manual también destaca la necesidad de establecer procedimientos claros para el manejo de derrames de soda cáustica, incluyendo la capacitación del personal, el uso de equipo de protección personal adecuado y la disponibilidad de materiales absorbentes para contener y limpiar los derrames de manera segura.

Estos manuales, tras ser meticulosamente ajustados, han sido entregados a la empresa correspondiente para su implementación, proporcionando así un recurso valioso que no solo destaca los procedimientos operativos esenciales, sino también las acciones cruciales a tomar en caso de accidentes o situaciones de riesgo durante el funcionamiento de la planta.

4.2.2. Apoyo a la gestión operativa del servicio de aseo a cargo de la empresa para que se presente en óptimas condiciones

A partir de la realización de los anteriores manuales de operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua potable, en el marco de nuestro compromiso continuo con la excelencia operativa y la prestación de servicios de aseo de alta calidad, hemos implementado una estrategia integral para respaldar eficazmente la gestión operativa de nuestra empresa. Nos enfocamos específicamente en la optimización del servicio de aseo, garantizando que los lugares a cargo de nuestra entidad se encuentren en condiciones óptimas de presentación.

Reunimos a parte de nuestro equipo especializado para llevar a cabo un exhaustivo proceso de evaluación y mejoramiento en los puntos críticos, especialmente en las áreas cercanas a las quebradas que son parte fundamental de nuestro entorno. Esta iniciativa tiene como objetivo principal no solo cumplir con los estándares de limpieza requeridos, sino superar las expectativas para contribuir de manera positiva al entorno ambiental y comunitario.

Durante la fase de implementación de este proyecto, nuestro equipo se desplazó estratégicamente a los puntos identificados, llevando a cabo inspecciones detalladas y abordando de manera proactiva cualquier desafío relacionado con la higiene y la presentación visual. Se llevaron a cabo acciones de limpieza, recolección de residuos y aplicación de medidas preventivas para evitar posibles

problemas ambientales. A continuación, se presenta una imagen de las áreas correspondientes a limpiar:

Figura 4. Puntos para la implementación operativa de aseo.



Fuente: Autor.

4.2.1. Programación de la metodología para la caracterización de residuos sólidos

Tras la cuidadosa programación de la metodología para la caracterización de los residuos sólidos en coordinación con la gerencia de la empresa de servicios públicos en Santana, Boyacá, hemos alcanzado resultados significativos que contribuirán de manera efectiva a la mejora de la gestión operativa del servicio de aseo. Este documento se entregó a la empresa y se utilizó para realizar las actividades, la portada del documento se encuentra en el anexo 11.

A continuación, se presentan algunos resultados del documento de la programación de la caracterización de los residuos sólidos:

Generadores Domiciliarios: Durante la fase de estudio, se identificó que los generadores domiciliarios en Santana, Boyacá, presentan una generación per cápita de residuos sólidos de aproximadamente 0.5 kg por habitante al día. Esta cifra se traduce en una generación total diaria de residuos domiciliarios de alrededor de 15.6 toneladas. La composición de estos residuos revela una marcada presencia de materiales orgánicos, representando aproximadamente el 45% del total de residuos domiciliarios.

Generadores No Domiciliarios: Por otro lado, los establecimientos comerciales, restaurantes, hoteles, mercados, instituciones públicas y privadas, así como el servicio de barrido y limpieza de espacios públicos, contribuyen significativamente a la generación de residuos no domiciliarios en Santana, Boyacá. La estimación de la generación diaria para esta categoría alcanza las 6.8 toneladas. La diversidad de fuentes no domiciliarias agrega complejidad a la gestión de estos residuos, destacando la importancia de estrategias adaptadas a cada generador.

Generadores de Residuos Especiales: Se identificaron generadores de residuos especiales en áreas urbanas, incluyendo laboratorios de ensayos ambientales, lubricentros, centros veterinarios y eventos masivos. Estos generadores aportan alrededor de 1.2 toneladas diarias de residuos especiales, caracterizados por su volumen o características particulares que requieren un manejo específico.

Características de los Residuos: La caracterización detallada de los residuos sólidos reveló patrones significativos en la composición. En los hogares, la fracción orgánica sobresale, abarcando el 45% del total. Por otro lado, la fracción inorgánica está compuesta principalmente por papel, cartón y plásticos. Este análisis detallado proporciona información valiosa para la implementación de estrategias de gestión, destacando la necesidad de abordar de manera específica las distintas fracciones de residuos.

En Santana, Boyacá, el equipo técnico ha llevado a cabo una fase de sensibilización que ha concientizado a los residentes sobre la importancia de participar en el estudio y adoptar prácticas sostenibles en la disposición de residuos. Estos esfuerzos proporcionan una visión completa de la situación de los residuos sólidos en la localidad, sentando las bases para estrategias futuras de gestión ambientalmente sostenibles y socialmente responsables.

La composición diversa de los residuos sólidos en Santana destaca la necesidad de implementar estrategias específicas de manejo para diferentes tipos de generadores. Además, se identifica un potencial significativo de reciclaje, especialmente en los residuos inorgánicos. Estrategias que fomenten la segregación en la fuente y programas de reciclaje pueden reducir la cantidad de residuos destinados a la disposición final.

La gestión integral de residuos sólidos es esencial y va más allá de la recolección eficiente. La sensibilización de la comunidad y la implementación de políticas que fomenten prácticas sostenibles son aspectos clave. La colaboración interinstitucional, tanto con entidades públicas como privadas, junto con la participación de la comunidad, se perfilan como elementos esenciales para el éxito de las iniciativas de gestión de residuos. Esta colaboración puede optimizar recursos y fortalecer estrategias.

Los resultados obtenidos ofrecen una base sólida para la planificación futura de servicios de limpieza pública y acciones específicas destinadas a mejorar la gestión de residuos sólidos en Santana, Boyacá. La implementación de tecnologías y prácticas más sostenibles se presenta como una oportunidad para contribuir al bienestar ambiental y social del municipio, marcando un camino hacia una gestión de residuos más eficiente y responsable.

4.3. Toma de medidas del diseño de captación de fuentes hídricas y diseño de bocatoma de fondo

4.3.1. Toma de medidas para el diseño de captación de fuentes hídricas

Después de realizar una exhaustiva evaluación de las fuentes hídricas que abastecen el municipio, específicamente en el punto Quebrada el cafetal, se obtuvieron resultados significativos que contribuirán a diseño eficiente de la bocatoma de fondo. La figura 5 y la figura 6 muestran las imágenes del punto del que se tomaron las medidas. A continuación, se presentan los resultados de toma de medidas de los puntos correspondiente:

Figura 5. Sistema de captación quebrada El Cafetal.



Fuente: Autor.

Figura 6. Sistema de captación quebrada El Cafetal 1.



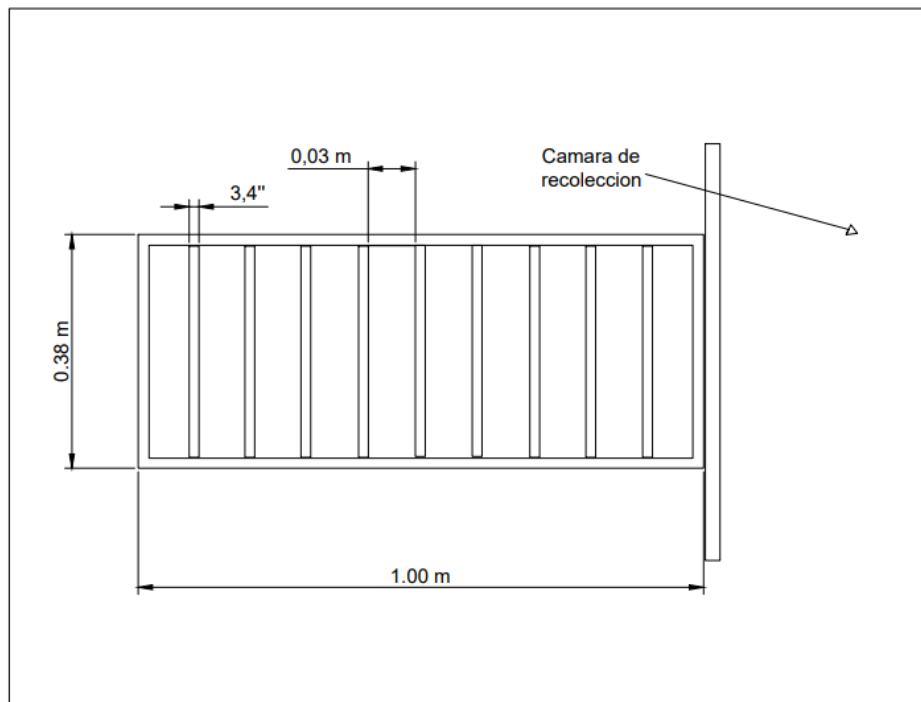
Fuente: Autor.

Las medidas que se tomaron en el punto son las siguientes:

- **Periodo de diseño:** 25 años
- **Altura:** 1800 msnm
- **Nivel de complejidad:** bajo

- **Dotación neta:** 120,0 L/s
- **Perdidas:** 25%
- **Dotación Bruta:** 160,0 L/s
- **Población de diseño:** 7805 habitantes
- **Caudal máximo diario:** 17,3 L/s
- **Caudal medio diario:** 14,5 L/s
- **Caudal máximo Horario:** 26,0 L/s
- **Caudal de diseño:** 43,4 L/s
- **Caudal de diseño:** 0,043 m³/s
- **Caudal río tiempo seco:** 0,03 m³/s
- **Caudal medio:** 0,05 m³/s
- **Caudal río tiempo invierno:** 0,12 m³/s
- **Lugar de captación:** 3,95 m
- **Barrotes 3/4":** 0,0191 m
- **Separación entre barrotes:** 3 cm
- **Separación entre barrotes:** 0,03 mts
- **Velocidad entre barrotes (Vb):** 0,20 m/s

Figura 7. Diseño de la bocatoma de fondo del sistema de captación (Rejilla) quebrada El Cafetal.



Fuente: Autor.

Cabe resaltar que esta toma de medidas se debe tener en cuenta para la realización el diseño de la bocatoma de fondo de la quebrada El cafetal, para la planta de tratamiento de agua potable.

4.3.2. Diseño de la bocatoma de fondo

Información previa

Nota. Es importante tener en cuenta que, para la realización del diseño de bocatoma de fondo, se implementan parámetros de la resolución 330 de 2017, el RAS y el libro elementos de diseño para acueducto y alcantarillado de (Lopez Cualla , 2017).

Periodo de diseño. Tratándose de la captación para un municipio bajo, se debe diseñar en una sola etapa, para 25 años a partir de la fecha.

Población de diseño. De acuerdo con la proyección de población realizada para el municipio, se tiene que la población para el año 2023 es de 7.805 habitantes.

Caudal de diseño. El caudal máximo diario para la misma fecha anterior para la misma fecha anterior se calculó en 17,3 L/s. El caudal medio diario correspondiente es igual 14,5 L/s, el caudal de diseño 43,4 L/s.

Aforo del rio. El caudal del rio en tiempo seco es de 0,03 m³/s, el caudal medio es de 0,05 m³/s.

Ancho del rio. El ancho del rio en el lugar de la captación es de 3,95 m.

Tabla 10. Información previa

Información previa	
Periodo de diseño	25 años
altura	1800 msnm
Nivel de complejidad	bajo
Dotación neta	120,0 L/s
Perdidas	25%
Dotación Bruta	160,0 L/s
k1	1,20
k2	1,5
factor de diseño	2,50
Población de diseño	7805 habitantes
Caudal de diseño	

Caudal máximo diario	17,3 L/s
Caudal medio diario	14,5 L/s
Caudal máximo Horario	26,0 L/s
Caudal de diseño	43,4 L/s
Caudal de diseño	0,043 m³/s
Aforo del río	
Caudal río tiempo seco	0,03 m³/s
Caudal medio	0,05 m³/s
Caudal río tiempo invierno	0,12 m³/s
Ancho del río	
Lugar de captación	3,95 m

Fuente: Autor.

Diseño de la presa

El ancho de la presa es de 3,0 m

La lamina de agua en las condiciones de diseño es de:

$$H = \left(\frac{Q}{1,84 L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left(\frac{0,043}{1,84 * 3,0} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0,040m$$

La corrección por las dos contracciones laterales (longitud de vertimiento) es de:
Se destaca que n (2,0) es el número de contracciones laterales.

$$L' = L - 0,1 n H$$

$$L' = 3,0 - 2,0 * 0,040$$

$$L' = 2,921 m$$

Velocidad del rio sobre la presa:

$$V = \frac{Q}{L'H}$$

$$V = \frac{0,043}{2,921 * 0,040}$$

$$V = 0,38 m/s$$

$$0,3 \text{ m/s} < 0,38 \text{ m/s} < 3,0 \text{ m/s} \longrightarrow \text{OK}$$

El resultado rectifica que, si esta comprendía entre 0,3 y 3,0 m/s, de manera que pueden ser aplicables las ecuaciones del alcance del chorro presentadas.

Tabla 11. Diseño de la presa

Diseño de la presa	
Ancho de la presa (L)	3,0 m
Nº contracciones laterales (n)	2,0
Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (H)	0,040 m
Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (H) QMIN	0,03 m
Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (H) QMED	0,04 m
Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (H) QMAX	0,08 m
Corrección longitud de vertimiento (L')	2,921 m
Velocidad del río (Vr)	0,38 m/s

Fuente: Autor.

Diseño de la rejilla y canal de aducción

El ancho del canal de aducción (B) se calcula a partir de la ecuación del alcance del chorro:

$$Xs = 0,36Vr^{\frac{2}{3}} + 0,60 H^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0,36 * (0,38)^{\frac{2}{3}} + 0,60 * 0,040^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0,28 \text{ m}$$

$$Xi = 0,18 Vr^{\frac{4}{7}} + 0,74 H^{\frac{3}{4}}$$

$$Xi = 0,18 * (0,38)^{\frac{4}{7}} + 0,74 * 0,040^{\frac{3}{4}}$$

$$Xi = 0,17 \text{ m}$$

$$B = 0,28 + 0,10$$

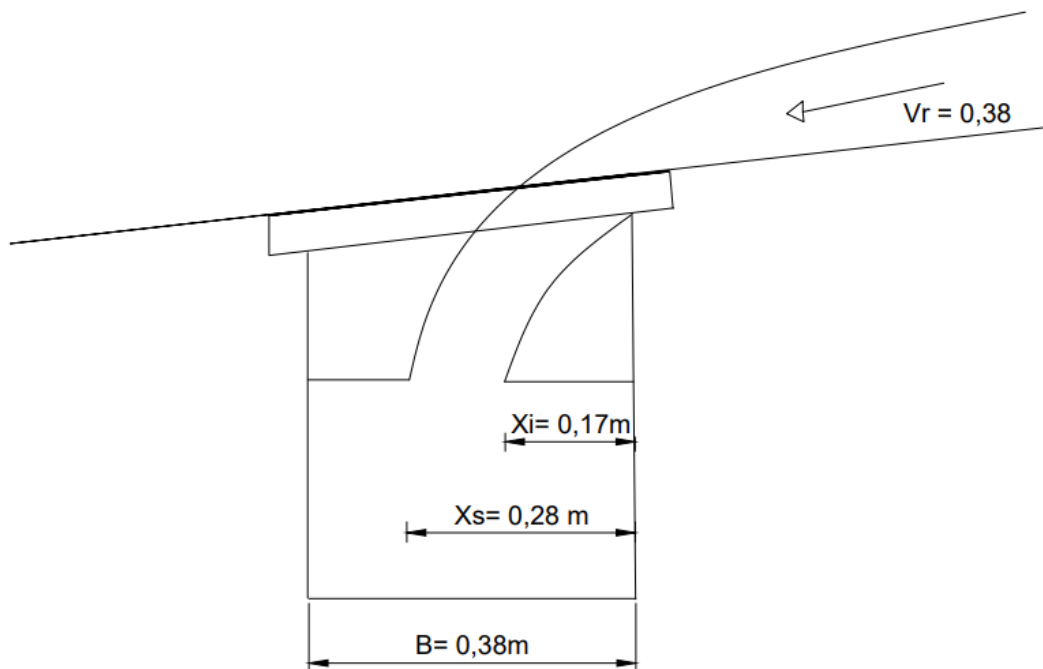
$$B = 0,38 \text{ m}$$

Tabla 12. Diseño de la rejilla y canal de aducción

Diseño de la rejilla y canal de aducción	
Alcance filo superior (Xs)	0,28 m
Alcance filo inferior (Xi)	0,17 m
Ancho del canal de aducción (B)	0,38 m

Fuente: Autor.

Figura 10. Diseño de la rejilla y canal de aducción.



Fuente: Autor.

Longitud de la rejilla y numero de orificios

Se adoptan barrotes de $\frac{3}{4}$ " (0,0191m), con una separación entre ellos de 3 cm. Por otra parte, se supone la velocidad entre barrotes igual a 0,20 m/s y el flujo paralelo k de 0,9.

$$An = \frac{Q}{0,9 * Vb}$$

$$An = \frac{0,043}{0,9 * 0,20}$$

$$An = 0,24 \text{ m}^2 = \frac{a}{a+b} B Lr$$

Longitud de la rejilla (Lr)

$$Lr = \frac{0,24 * (0,03 + 0,0191)}{0,03 * 0,38}$$

$$Lr = 1,03 \text{ m}$$

Longitud de la rejilla (adoptada) 1,0 m

$$An = \frac{0,03}{0,03 + 0,0191} * 0,38 * 1,03$$

$$An = 0,24 \text{ m}^2$$

El numero de orificios es de:

$$N = \frac{An}{a * B}$$

$$N = \frac{0,24}{0,03 * 0,38}$$

$$N = 21,01$$

$$N = 21$$

Se aproxima a 21 orificios en total, separados entre si 3 cm, con lo cual se tienen las siguientes condiciones finales:

$$An = 0,03 * 0,38 * 21$$

$$An = 0,24 \text{ m}^2$$

$$Vb = \frac{0,043}{0,9 * 0,24}$$

$$Vb = 0,20 \text{ m/s}$$

$$Lr = \frac{0,24 * (0,03 + 0,0191)}{0,03 * 0,38}$$

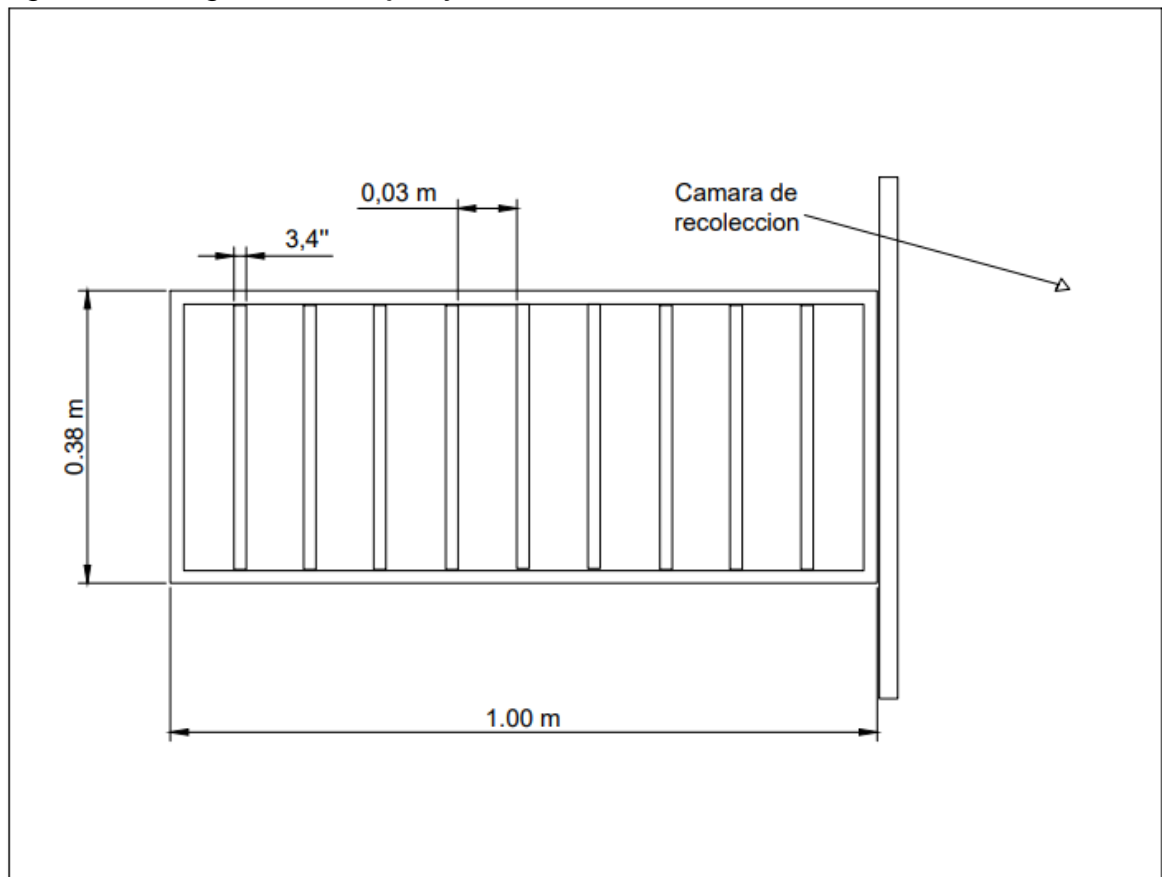
$$Lr = 1,03 \text{ m}$$

Tabla 13. Diseño de la rejilla y canal de aducción

Longitud de la rejilla y número de orificios	
Barrotes 3/4"	0,0191 m
Separación entre barrotes (cm)	3 cm
Separación entre barrotes (mts)	0,03 mts
Velocidad entre barrotes (Vb)	0,20 m/s
Flujo paralelo a la sección (K)	0,9
Longitud de la rejilla (Lr)	1,03 m
Longitud rejilla (adoptada)	1,00 m
Área neta (corregida)	0,24 m ²
Número de orificios (N)	21,01 orificios
Número de orificios (N)	21 orificios
Área neta de la rejilla (An)	0,24 m ²

Fuente: Autor.

Figura 11. Longitud de la rejilla y numero de orificios.



Fuente: Autor.

Los niveles de agua en el canal de aducción son:

- Aguas abajo

$$\begin{aligned}
 h_e &= h_c \\
 h_c &= \left(\frac{Q^2}{gB^2}\right)^{\frac{1}{3}} \\
 h_c &= \left(\frac{0,043^2}{9,81 * 0,38^2}\right)^{\frac{1}{3}} \\
 h_e &= 0,109 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Aguas arriba

Suponiendo que todo volumen de agua se capta al inicio del canal, el nivel de las láminas de aguas arriba se obtiene por medio del análisis de cantidad de movimiento en el canal:

- $L_{\text{canal}} = L_{\text{rejilla}} + \text{espesor del muro} = 1,30 + 0,30 = 1,6$
- Se adopta una pendiente $i=0,03$
- Es importante dejar un borde libre (B.L) de 0,15 m.

$$\begin{aligned}
 h_o &= \left\{2h_e^2 + \left(h_e - \frac{iLc}{3}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3}iLc \\
 h_o &= \left\{2 * (0,109)^2 + \left(0,109 - \frac{0,03 * 0,15}{3}\right)^2\right\}^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * 0,03 * 0,15 \\
 h_o &= 0,156 \text{ m}
 \end{aligned}$$

La altura total de los muros del canal de aducción es:

$$\begin{aligned}
 H_o &= h_o + B.L \\
 H_o &= 0,156 + 0,15 \\
 H_o &= 0,31 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_e &= H_o + iLc \\
 H_e &= 0,31 + (0,03 * 1,30) \\
 H_e &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Para que la ecuación de dimensionamiento de la cámara (ecuación 15) sea válida, la velocidad, a la entrega de la cámara de recolección, V_e , debe ser mayor de 0,3 m/s y menor de 3,0 m/s.

La velocidad del agua al final del canal es:

$$V_e = \frac{Q}{B h_e}$$

$$V_e = \frac{0,043}{0,38 * 0,109}$$

$$V_e = 1,04 \text{ m/s}$$

$$0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 1,04 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3,0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

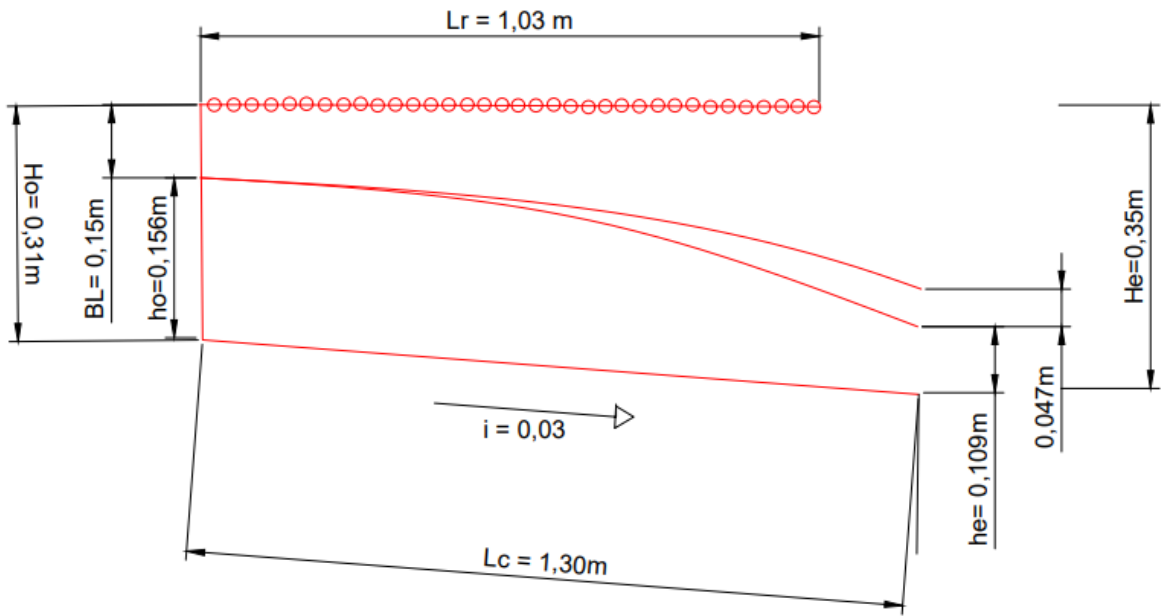
Si cumple

Tabla 14. Niveles de agua canal de aducción

Niveles de agua en el canal de aducción	
Profundidad Aguas abajo (h_e)	0,109 m
Espesor del muro	0,30
Longitud del canal (L_c)	1,30 m
Pendiente (i)	0,03
Borde libre	0,15 m
Profundidad aguas arriba (h_o)	0,156 m
Altura total de los muros del canal de aducción (H_o)	0,31 m
Altura total de los muros del canal de aducción H_e	0,35 m
Velocidad del agua al final del canal (V_e)	1,04 m/s

Fuente: Autor.

Figura 12. Altura total de los muros del canal de aducción.



Fuente: Autor.

Diseño de la cámara de recolección

Se aplican nuevamente las ecuaciones de alcance de un chorro de agua ((Ecuación 5) (Ecuación 6)), reemplazando los términos por los de la condición de la entrada a la cámara.

$$Xs = 0,36Ve^{\frac{2}{3}} + 0,60he^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0,36 * (1,04)^{\frac{2}{3}} + 0,60 * (0,109)^{\frac{4}{7}}$$

$$Xs = 0,54 \text{ m}$$

$$Xi = 0,18Ve^{\frac{4}{7}} + 0,74he^{\frac{3}{4}}$$

$$Xi = 0,18 * (1,04)^{\frac{4}{7}} + 0,74 * (0,109)^{\frac{3}{4}}$$

$$Xi = 0,32 \text{ m}$$

$$Bcamara = Xs + 0,30$$

$$Bcamara = 0,54 + 0,30$$

$$Bcamara = 0,84 \text{ m}$$

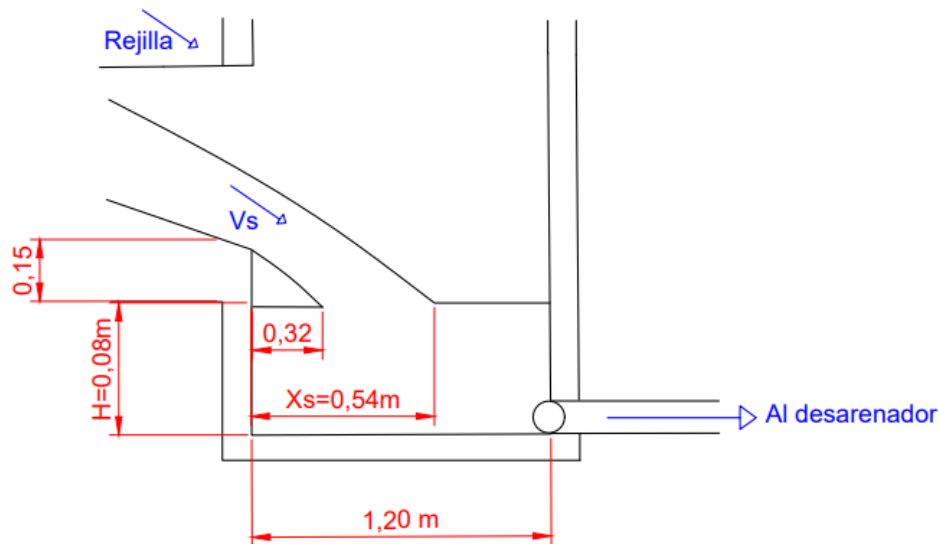
Tabla 15. Diseño en la cámara de recolección

Diseño de la cámara de recolección	
Alcance filo superior (Xs)	0,54 m
Alcance filo inferior (Xi)	0,32 m
Ancho canal de conducción (Bcámara)	0,84 m

Fuente: Autor.

Por facilidad de acceso y mantenimiento, se adopta una cámara de 1,20 (en el sentido Bcamara) por 1,50 m de lado.

Figura 13. Diseño cámara de recolección.



Fuente: Autor.

Calculo de la altura de los muros de contención

Tomando el caudal del rio en tiempo de invierno de 0,120 m³/s y un ancho de la presa de 3,0 m, la altura de la lámina de agua en la garganta de la bocatoma es de:

$$H = \left(\frac{Q}{1,84 * L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left(\frac{0,120}{1,84 * 3,0} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0,08 \text{ m}$$

Se resalta que se deja un borde libre 33 cm, entonces la altura de los muros será de 0,9m.

Tabla 16. *Calculo de la altura de los muros de contención*

Cálculo de la altura de los muros de contención	
Caudal río tiempo invierno	0,120 m ³ /s
Ancho de la presa (L)	3,0 m
Altura de la lámina de agua en la garganta de la bocatoma (H)	0,08 m

Fuente: Autor.

Calculo del caudal de excesos

La determinación del caudal de excesos implica considerar que, sobre la rejilla de la bocatoma, fluirá un caudal superior al diseño previsto. Esto dará lugar a una lámina de agua que excede la altura diseñada. La evaluación de esta lámina de agua se realiza mediante la (Ecuación 2), donde se sustituye el caudal correspondiente al máximo o promedio del río.

Dentro de las condiciones iniciales del diseño, se ha supuesto un caudal medio del río de 0,1 m³/s. la altura de la lamina de agua en la garganta y el canal de excesos son:

$$H = \left(\frac{Q}{1,84 * L} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = \left(\frac{0,1}{1,84 * 3,0} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H = 0,04 \text{ m}$$

$$Q_{\text{captado}} = C_d A_{\text{neta}} \sqrt{2gH}$$

$$Q_{\text{captado}} = 0,3 * 0,24 * \sqrt{2 * 9,81 * 0,04}$$

$$Q_{\text{captado}} = 0,07 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{excesos} = Q_{captado} - Q_{diseño}$$

$$Q_{excesos} = 0,7 \frac{m^3}{s} - 0,043 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{excesos} = 0,02 \frac{m^3}{s}$$

Tabla 17. Cálculo del caudal de excesos

Cálculo del caudal de excesos	
Caudal medio	0,1 m ³ /s
Ancho de la presa (L)	3,0 m
Altura de la lámina de agua en la garganta de la bocatoma (H)	0,04 m
Coefficiente de descarga (Cd)	0,3
Gravedad	9,81 m/s ²
Caudal captado (m ³ /s)	0,07 m ³ /s
Caudal excesos	0,02 m ³ /s

Fuente: Autor.

Las condiciones en el vertedero de excesos serán

$$H_{exc.} = \left(\frac{Q}{1,84 * B_{camara}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{exc.} = \left(\frac{0,02}{1,84 * 0,84} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$H_{exc.} = 0,06 \text{ m}$$

$$V_{exc.} = \frac{Q}{H_{exc.} * B_{camara}}$$

$$V_{exc.} = \frac{0,02}{0,06 * 0,84}$$

$$V_{exc.} = 0,46 \frac{m}{s}$$

$$X_s = 0,36Ve^{\frac{2}{3}} + 0,60he^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0,36 * (0,46)^{\frac{2}{3}} + 0,60 * (0,06)^{\frac{4}{7}}$$

$$X_s = 0,34 m$$

Tabla 18. condiciones en el vertedero de excesos

Condiciones vertedero	
H(exceso)	0,06 m
V(exceso)	0,46 m/s
Xs	0,34 m

Fuente: Autor.

El vertedero de excesos estará colocado a 0,64 m (0,34 + 0,3) de la pared aguas debajo de la cámara de recolección, quedando aguas arriba del mismo de una distancia de 0,86 (1.5 – 0,64).

Cálculo de la tubería de excesos

Para el diseño de la tubería de excesos se debe contar con el perfil de ríos, ya que esta se inicia desde el fondo de la cámara de recolección hasta 30 centímetros por encima del nivel máximo del río. Generalmente resulta ser una conducción a flujo libre.

Calculo de cotas

Fondo del rio en la captación = 1800 m.s.n.m

Lamina sobre la presa:

- Diseño = 1800 + 0,040 = 1800,040
- Máxima = 1800 + 0,08 = 1800,08
- Media = 1800 + 0,04 = 1800,04
- Mínima = 1800 + 0,04 = 1800,03

Corona de los muros de contención: 1800 + 0,08 = 1800,41

Tabla 19. Lamina sobre la presa.

Lámina sobre la presa	
Diseño	1800,040
Máxima	1800,08
Media	1800,04 m
Minima	1800,03 m
Corona de los muros de contención	1800,41

Fuente: Autor.

Canal de aducción:

- Fondo aguas arriba = $1800 - 0,31 = 1799,694$
- Fondo aguas abajo = $1800 - 0,35 = 1799,65$
- Lamina aguas arriba = $1799,694 + 0,156 = 1799,85$
- Lamina aguas abajo = $1799,65 + 0,109 = 1799,76$

Tabla 20. Canal de aducción

Canal de aducción	
Fondo aguas arriba	1799,694
Fondo aguas abajo	1799,65
Lámina aguas arriba	1799,85
Lámina aguas abajo	1799,76

Fuente: Autor.

Cámara de recolección:

- Lamina de agua = $1799,65 - 0,15 = 1799,50$
- Cresta del vertedero de excesos = $1799,65 - 0,06 = 1799,44$
- Fondo = $1799 - 0,4 = 1799,04$ (Se adoptan 0,40 m correspondientes a las pérdidas de aducción de la bocatoma al desarenador, este valor deberá corregirse al momento de hacerle la aducción).

Tabla 21. Cámara de recolección

Cámara de recolección	
Lámina de agua	1799,50
Cresta del vertedero de excesos	1799,44
Fondo	1799,04

Fuente: Autor.

Tubería de excesos:

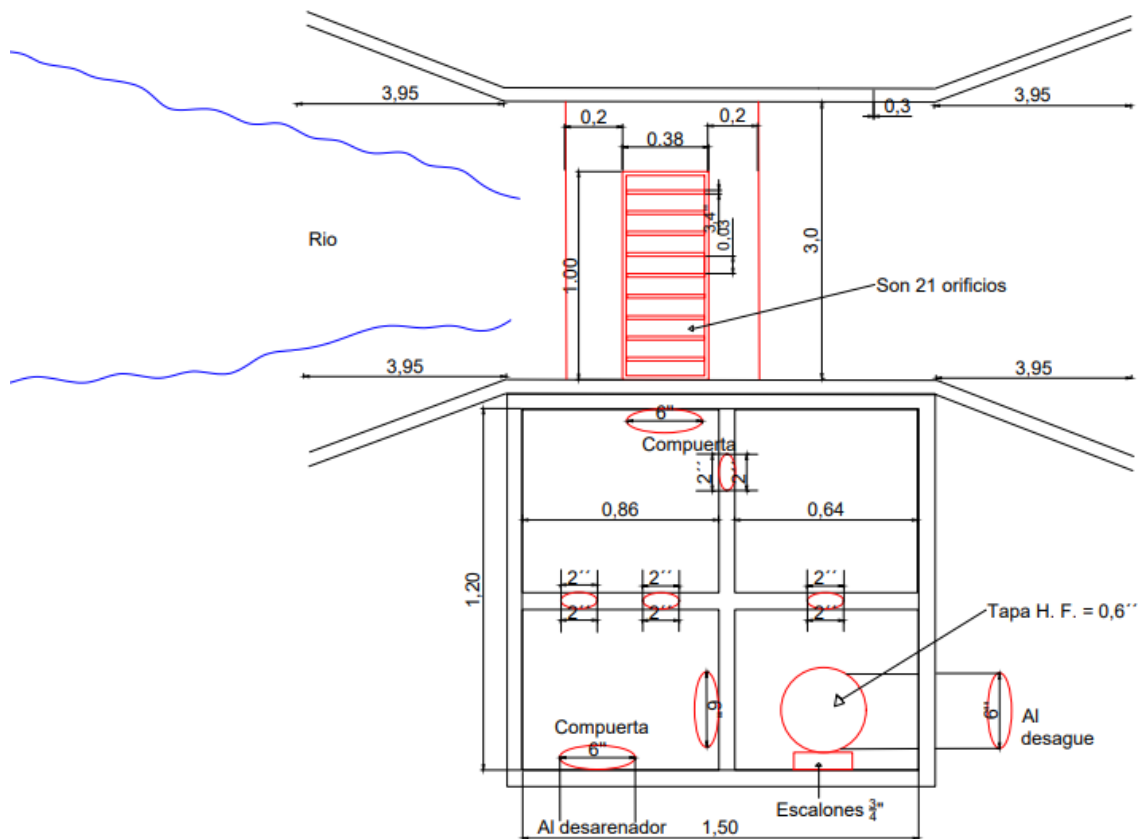
- Cota de entrada = 1799,04
- Cota del río en la entrada (corresponde a la cota máxima del río debajo de la captación) = 2397,65 Valor levantamiento en campo.
- Cota de salida = 2397,65 + 0,3 = 2397,95

Tabla 22. Cámara de recolección

Tubería de excesos	
Cota de entrada	1799,04
Cota del río en la entrega	2397,65
Cota de salida	2397,95

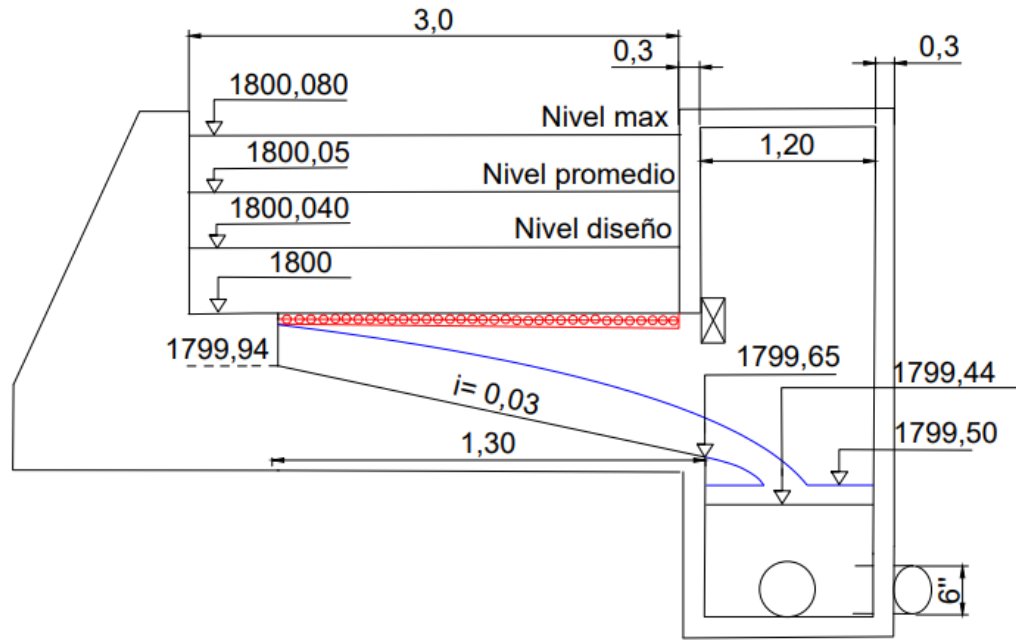
Fuente: Autor.

Figura 14. Resultado del diseño. Planta.



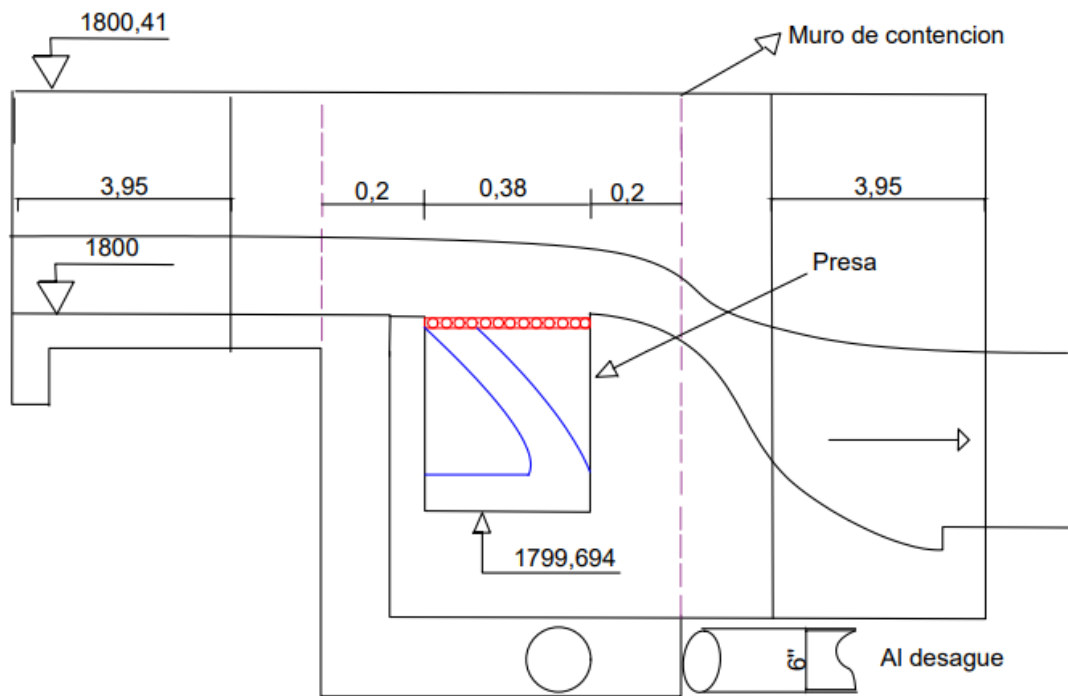
Fuente: Autor.

Figura 15. Resultado del diseño. Corte B-B.



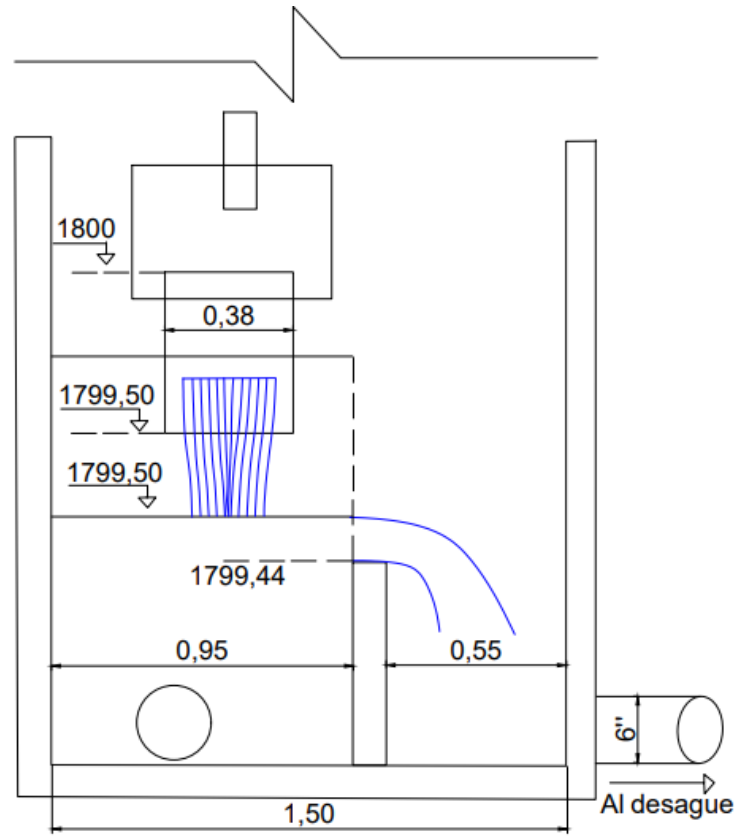
Fuente: Autor.

Figura 16. Resultado del diseño. Corte A-A.



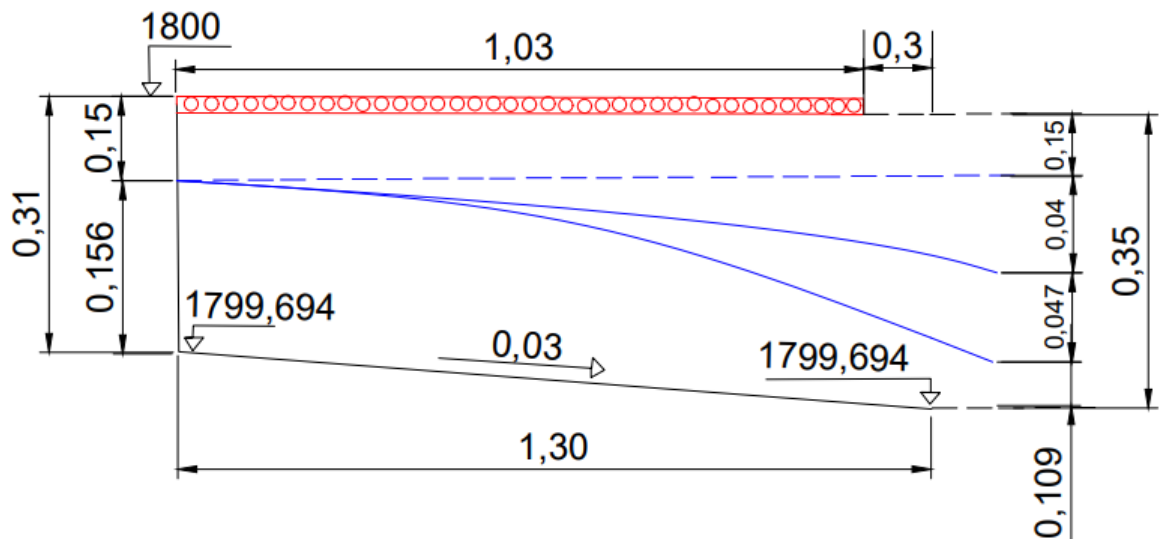
Fuente: Autor.

Figura 17. Resultado del diseño. Corte C-C.



Fuente: Autor.

Figura 18. Resultado del diseño. Detalle del canal de aducción.



Fuente: Autor.

4.4. IANC

4.4.1. Documentos de factores de subsidios y fondos de solidaridad

El pasante realizó la revisión y paso a la empresa el documento actualizado y organizado de los factores y subsidios el cual se titula: "POR MEDIO DEL CUAL SE ESTABLECEN LOS FACTORES DE SUBSIDIO Y LOS FACTORES DE APORTES DE SOLIDARIDAD PARA LOS SERVICIOS PUBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN EL MUNICIPIO DE SANTANA – BOYACA, PARA LA VIGENCIA 2024" La portada de dicho documento se encuentra adjunta en el anexo 6, Los resultados mas importantes del documento son:

El Decreto 57 de 2006, que en su momento estableció normativas para la aplicación del factor de aporte solidario en los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, ha sido objeto de cambio y evolución normativa. Específicamente, el artículo 7 del Decreto Nacional 4924 de 2011 derogó el mencionado Decreto 57, introduciendo modificaciones en el marco regulatorio que rige estos servicios.

En aras de comprender la situación actual, se ha llevado a cabo un minucioso análisis financiero del presupuesto correspondiente a la vigencia anterior. A continuación, se presentan las tablas del presupuesto anterior con la vigencia anterior y el cálculo de las nuevas cifras que demuestran si es déficit o superávit:

Tabla 23. Reporte SUI del municipio.

SUI	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	Aseo	Total
2020	\$ 16.900.000,00	\$ 2.695.000,00	\$ 20.562.000,00	\$ 40.157.000,00
2019	\$ 15.920.000,00	\$ 2.707.000,00	\$ 10.567.800,00	\$ 29.194.800,00
2018	\$ 68.720.000,00	\$ 864.000,00	\$ 38.540.000,00	\$ 108.124.000,00
2017	\$ 7.457.000,00	\$ 1.987.000,00	\$ 5.986.000,00	\$ 15.430.000,00

Fuente: Autor.

Tabla 24. Reporte encontrado en el acuerdo del presupuesto de Santana 2023.

SUBSIDIO			
Acueducto	Alcantarillado	Aseo	Porcentaje total
\$ 92.701.171,00	\$ 36.187.304,00	\$ 60.741.074,00	
\$ 43.424.765,00	\$ 36.187.304,00	\$ 28.949.844,00	
TOTAL	\$ 108.561.913,00	\$ 108.561.913,00	
0,30988309%	0,25823590%	0,20658873%	0,77470772%
\$ 14.013.273.718,00			

Fuente: Autor.

Tabla 25. Porcentaje con la norma.

	SUBSIDIO				Norma 15%
	Acueducto	Alcantarillado	Aseo	Total	
Efectivo a emplear \$	43.424.765	36.187.304	28.949.844	108.561.913	16284287%
Porcentaje %	0,399999998	0,333333333	0,266666666	1	
Porcentaje % con la norma	542,8	542,80956	434,24766	1519,86678	

Fuente: Autor.

Tabla 26. Resultados de déficit o superávit.

Presupuesto municipio	\$ 14.013.273.718,00	
presupuesto FSRI	\$ 108.561.913,00	\$ 68.404.913,00

Fuente: Autor.

Los resultados revelan una asignación de recursos significativa, alcanzando la cifra de \$108.561.913. No obstante, los gastos efectivamente ejecutados ascendieron a \$40.157.000, dejando un superávit notable de \$68.404.913. Este excedente financiero se presenta como una oportunidad valiosa para asegurar la provisión de subsidios a los topes mínimos establecidos.

En función de estos hallazgos, se ha tomado la determinación de adoptar medidas concretas en cuanto a los porcentajes de subsidio para los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo en el Municipio de Santana. Para garantizar una distribución equitativa, se han establecido los siguientes porcentajes por estrato: un

70% de subsidio para el Estrato 1, un 40% para el Estrato 2 y un 15% para el Estrato 3. Estos porcentajes se aplicarán tanto al cargo fijo como al consumo básico.

Adicionalmente, se han definido los factores de aporte solidario para los suscriptores de servicios públicos domiciliarios en la categoría de uso comercial en Santana. En este contexto, se ha asignado un factor del 50% para el uso comercial y un 3% para el uso industrial.

Estas decisiones regulatorias buscan establecer un marco normativo claro y equitativo, garantizando la eficiente gestión de los recursos destinados a los servicios públicos esenciales en el municipio de Santana. La transparencia y la equidad en la distribución de subsidios y aportes solidarios son fundamentales para el bienestar de la comunidad y la sostenibilidad de los servicios públicos domiciliarios.

Así mismo, el pasante realizó la revisión y actualización y paso a la empresa el documento de fondo de solidaridad el cual se titula: "POR MEDIO DEL CUAL SE CREA EL FONDO DE SOLIDARIDAD Y REDISTRIBUCION DE INGRESOS PARA LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN EL MUNICIPIO DE SANTANA, BOYACA" La portada de dicho documento se encuentra adjunta en el anexo 8, Los resultados más importantes del documento son:

El Acuerdo recientemente establecido en el Municipio de Santana es un paso fundamental hacia la promoción de la equidad y la justicia social. En respuesta a normativas nacionales, como el Artículo 366 de la Constitución Política y la Ley 142 de 1994, el municipio ha creado el Fondo de Solidaridad y Redistribución de Ingresos (FSRI) con el objetivo principal de subsidiar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo para los estratos 1, 2 y 3. Esta medida busca atender las necesidades básicas insatisfechas de la población en condiciones económicas desfavorables, priorizando la mejora de la calidad de vida.

El Acuerdo destaca la importancia de cumplir con la normativa vigente, incluyendo el Decreto 565 de 1996 y el Decreto Único Reglamentario 1073 de 2015, que establecen los requisitos y procedimientos para la gestión de subsidios en servicios públicos domiciliarios a nivel municipal y nacional. Asimismo, se hace referencia a la Ley 632 de 2000 y el Decreto 624 de 1989, que definen aspectos tributarios y el marco normativo para la creación y administración de fondos de solidaridad.

Los resultados esperados de este Acuerdo son significativos. Se anticipa una mejora tangible en la calidad de vida de la población beneficiaria, con la ampliación de la cobertura de servicios básicos y la reducción de desigualdades socioeconómicas. Además, se espera una rendición de cuentas transparente, ya que se establece un Comité de Vigilancia del FSRI y se asigna la responsabilidad del control fiscal a la Contraloría Departamental, garantizando así la gestión eficiente y transparente de los recursos públicos.

4.4.2. Cálculo del IANC

4.5. IANC

La cobertura de suministro de agua fue del 100% en las zonas urbanas y del 40% en las zonas rurales, donde se contó para el 2023 con un caudal promedio de 25920 m³/mes. El sistema de acueducto según (secretaría de Salud de Boyacá, 2023) cuenta con la principal que se encuentra en el casco urbano la cual es tipo FIME con un caudal de diseño de 8 L/s y tres (3) que suministran la zona rural del municipio (Pozo de burro, el Muhan, San Isidro) donde son de tipo compacto.

4.5.1. Fase 1. Diagnostico técnico del sistema

Identificación de los procesos y componentes del sistema mediante trabajos de campo necesarios

La identificación de los procesos y componentes de un sistema de abastecimiento de agua mediante trabajos de campo es un paso fundamental para abordar el problema de un índice de agua no contabilizada en Santana, Boyacá.

El diagnóstico de un sistema de acueducto se divide en dos partes fundamentales: el subsistema de producción y el subsistema de distribución. El subsistema de producción se enfoca en la obtención y tratamiento del agua cruda. En el proceso de captación, se recolecta el agua de fuentes naturales como ríos, pozos o manantiales. Luego, en el proceso de tratamiento, se purifica y desinfecta el agua para que sea segura para el consumo humano. Este subsistema es esencial para asegurar que el agua suministrada sea de alta calidad y cumpla con los estándares de salud.

El sistema de acueducto en Santana, Boyacá, consta de tres subsistemas fundamentales: producción, tratamiento y distribución de agua. En el subsistema de producción, se lleva a cabo la captación del agua de una cuenca con asentamientos aguas arriba. Esto significa que el agua se toma de una fuente que se encuentra río arriba y está sujeta a influencias humanas. La captación se realiza mediante un dique con concreto para regular el flujo de agua. Además, hay una estación de

bombeo que impulsa el agua hacia el proceso de tratamiento. En cuanto a la aducción, se utiliza un canal para transportar el agua hasta el desarenador, donde se eliminan partículas sólidas. Las tuberías de diferentes diámetros y materiales son empleadas en esta etapa.

En el subsistema de tratamiento, se lleva a cabo la macro medición convencional para evaluar el flujo de agua en la planta. Sin embargo, se ha notado que la canaleta Parshall y el micromedidor en la entrada de la planta no funcionan correctamente, lo que impide una medición precisa del caudal de agua tratada.

En el subsistema de distribución, se utiliza un sistema de bombeo para impulsar el agua tratada a través de tuberías de PVC con diámetros que varían entre 3" y 8". Estas tuberías son utilizadas tanto en las redes principales como en las secundarias. Las conexiones domiciliarias se realizan principalmente con tuberías de PVC y HG, siendo el 80% de estas en PVC flexible. Esto indica una diversidad de materiales y diámetros en el sistema de distribución que pueden influir en la eficiencia y mantenimiento del sistema.

En cuanto al diagnóstico de la fuente de agua utilizada en el sistema de acueducto de Santana, Boyacá, se trata de una fuente de tipo superficial conocida como "Quebrada El cafetal". Esta fuente proporciona un caudal de 34 litros por segundo en verano y 40 litros por segundo en invierno. El agua de esta fuente se sometió a un análisis de calidad que reveló una turbidez de 2 unidades, un color de 13 unidades, y no se detectaron coliformes ni DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) significativos. Estos resultados indican que la fuente proporciona un agua con características físicas y químicas dentro de los estándares aceptables para su tratamiento y consumo.

En lo que respecta al diagnóstico de la captación, se utiliza un tipo de captación lateral ubicada en la misma "Quebrada El cafetal". Esta captación tiene una capacidad de 11.5 litros por segundo y se encuentra en un estado de funcionamiento bueno. El desarenador, ubicado en el sector "La Panelera", es una estructura crítica para el proceso de tratamiento del agua. Se encuentra en buen estado de acceso y se realiza su mantenimiento y limpieza cada 4 meses, lo que es esencial para garantizar su eficiencia.

El diagnóstico de la aducción y conducción del agua muestra que se utilizan tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) con diámetros que varían entre 6 y 8 pulgadas. La longitud total de estas tuberías es de 48 kilómetros, con una capacidad de 11.5 litros por segundo. Se han instalado ventosas y válvulas para gestionar el aire y los sedimentos en el sistema. Además, se menciona que, con la cabeza hidráulica disponible, se podría alcanzar una capacidad de 40 litros por segundo utilizando tuberías de 6" de PVC. Existe otra sección de tubería de PVC con diámetros que van de 6" a 9" con una longitud de 2 kilómetros y capacidades entre 9 y 11.5 litros por segundo.

Estos detalles del sistema de captación, desarenador y aducción muestran una infraestructura que parece estar en condiciones adecuadas y con una capacidad de manejo del caudal suficiente para abastecer a la comunidad de Santana, Boyacá. Es importante mantener un seguimiento constante y un mantenimiento adecuado para garantizar el funcionamiento óptimo de estos componentes del sistema de acueducto.

La planta de tratamiento de agua, ubicada en Santana, Boyacá, cuenta con un proceso que incluye mezcla rápida en una canaleta Parshall, torres de aireación, floculación de retención hidráulica, sedimentación con placas paralelas, filtración con lecho múltiple y desinfección mediante la aplicación de cloro gaseoso disuelto. El estado de la estructura se califica como bueno, y se menciona que la estructura es relativamente nueva. Además, la operación y mantenimiento son considerados aceptables. Esto sugiere que la planta de tratamiento está en buenas condiciones y funciona adecuadamente.

La capacidad de la planta se refleja en el caudal de entrada, que es de 11.5 litros por segundo, sin embargo, no se proporciona información sobre el caudal de salida. Se menciona que las pérdidas por estanqueidad son desconocidas (N/A), y el consumo interno de la planta se registra en 1632.9 metros cúbicos por mes. Esto es esencial para evaluar si la planta es capaz de satisfacer la demanda de agua de la comunidad.

En cuanto a la eficiencia de la planta, se verifican parámetros importantes como el pH, hierro, color, turbidez y coliformes. Los valores deseados y admisibles son proporcionados, tanto a la entrada como a la salida de la planta. Por ejemplo, el pH debe estar en el rango de 7.0 a 8.5 a la entrada, y entre 6.0 y 9.0 a la salida. Los valores para hierro, color, turbidez y coliformes también se comparan entre la entrada y la salida, lo que permite evaluar el rendimiento de la planta en términos de purificación y calidad del agua tratada.

En cuanto a los tanques de almacenamiento, se identifican cuatro tanques con diferentes ubicaciones y capacidades. Estos tanques son de tipo sedimentado en concreto y tienen dimensiones específicas, aunque no se proporcionan los valores exactos de alto y largo en la tabla. Cada tanque tiene una capacidad en metros cúbicos (m³), y no se mencionan fugas, fisuras ni las zonas que abastecen. Los tanques de almacenamiento son componentes cruciales para garantizar la disponibilidad de agua en momentos de alta demanda y para mantener la presión en la red de distribución.

Diagnóstico de pérdida del subsistema de producción y de distribución

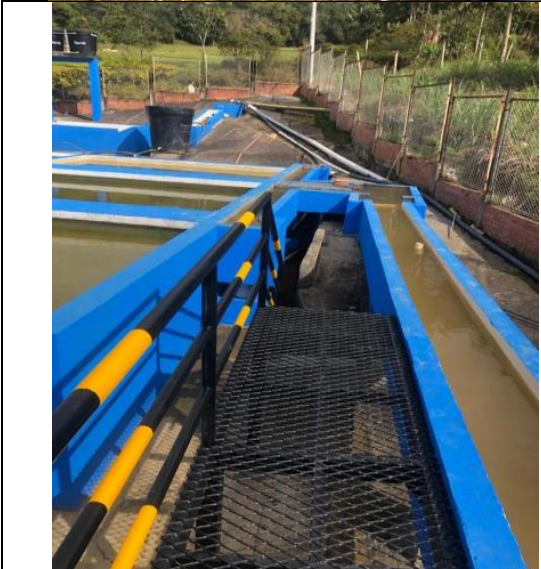
Para este apartado, no fue posible realizar la prueba de estanquidad la cual nos determina si se presentan pérdida o reboses en el sistema de producción, el volumen de salida de los tanques de almacenamiento es de 41236 m³/mes. Para el caso del diagnóstico del sistema de distribución la E.S.P de Santana indico que una pérdida en general por 28248,8 m³/mes, por lo que es el volumen de agua no facturado.

La ejecución y mantenimiento adecuados del sistema de abastecimiento de agua en Santana Boyacá son cruciales para la salud pública. Aunque la fuente actual, "quebrada el Cafetal", cumple con los estándares de calidad, se destaca la necesidad de un sistema bien gestionado para mantener estas condiciones. La eficiencia y sostenibilidad del sistema son fundamentales, requiriendo mejoras y mantenimiento constante para adaptarse a cambios estacionales y desafíos climáticos.

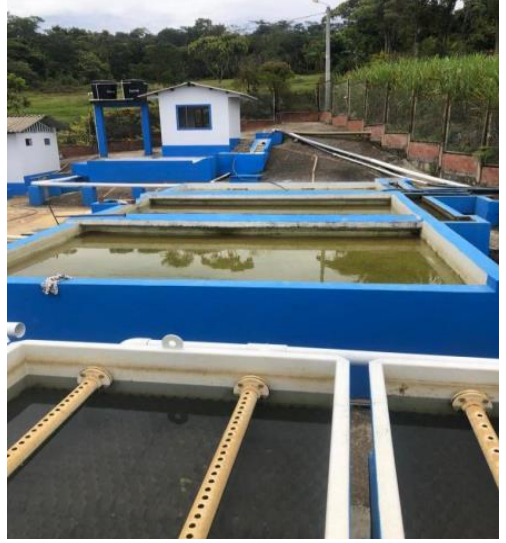
Se enfatiza la importancia de abordar las pérdidas de agua en el sistema de tratamiento, identificando problemas en la medición del caudal. La falta de precisión puede resultar en un uso ineficiente de recursos y dificultar la detección de fugas. La implementación de tecnologías y practicas adecuadas se propone como solución para reducir perdidas y mejorar la eficiencia del sistema. A continuación, se presenta el registro fotográfico de la planta de tratamiento de agua potable del municipio de Santana:

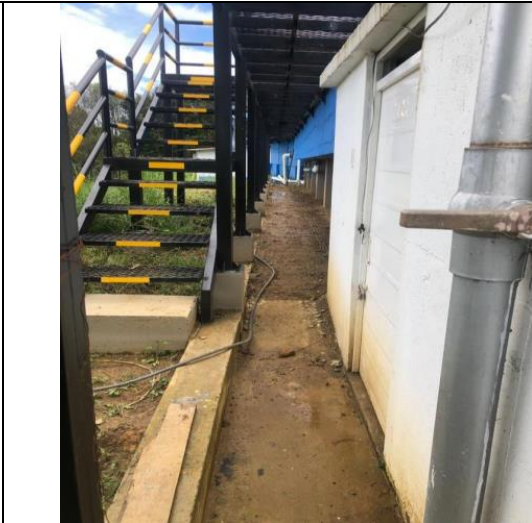
Figura 19. Registro fotográfico PTAP Santana Boyacá.

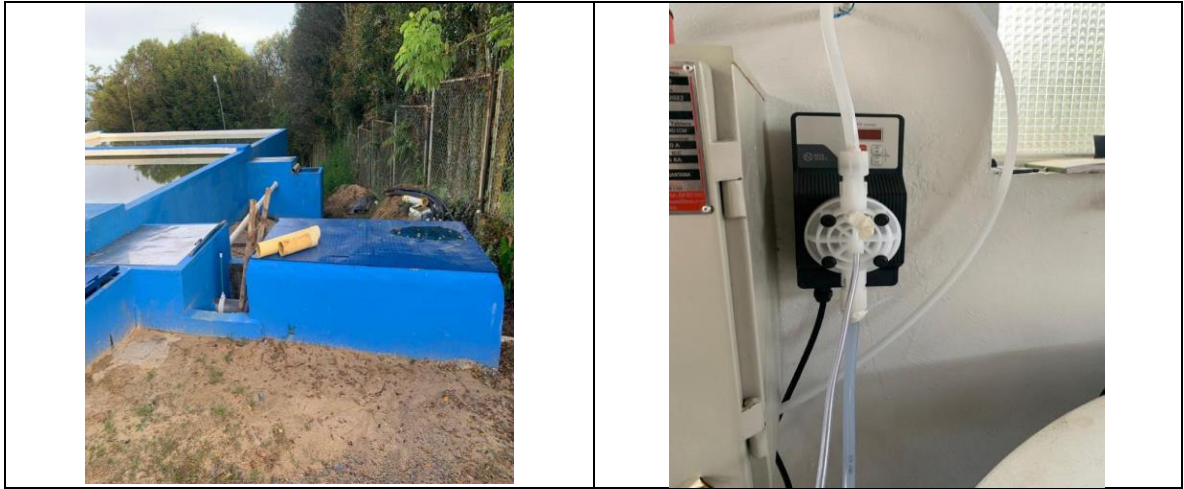












Fuente: Autor.

4.5.2. Fase 2. Balance de agua del sistema

Diagnóstico de información de pérdida comercial y pérdida técnica

Para la generación del balance de agua del sistema fue necesario recopilar la información general sobre el servicio de acueducto del municipio, cabe destacar que los datos obtenidos fueron proporcionados por la E.S.P del municipio y son del año 2021 prestando en las siguientes tablas, lo cual, permite la identificación de las pérdidas necesarias para la determinación del balance de agua del municipio. A continuación, se presenta la tabla realizada del balance de agua del sistema subdividida en información general, información comercial e información técnica operativa del sistema:

Tabla 27. Información general.

INFORMACIÓN GENERAL				
VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD	VALOR	PROCEDIMIENTO
V1	Población urbana	Hab.	8088	POT o Dane
V2	Número de domicilios (incluye viviendas, establecimientos comerciales, industriales, oficiales e institucionales)	Unidad	1114	POT o Dane

Fuente: Autor.

Tabla 28. Información comercial.

INFORMACIÓN COMERCIAL				
VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD	VALOR	PROCEDIMIENTO
V3	Número de conexiones o usuarios registrados	Unidad	1110	Formato DE-09
V4	Número de conexiones con medidor en funcionamiento	Unidad	930	Formato DE-09
V5	Número de conexiones con medidor parado	Unidad	58	Formato DE-09
V6	Número de conexiones sin medidor	Unidad	122	V3-(V4+V5)
V7	Número estimado de conexiones clandestinas	Unidad	4	V2-V3
V8	Volumen facturado a usuarios con medidor en funcionamiento	M3/mes	12896,4	Formato DE-10
V9	Volumen facturado a usuarios con medidor parado	M3/mes	0	Formato DE-10
V10	Volumen facturado a usuarios sin medidor	M3/mes	91	Formato DE-10
V11	Volumen facturado por venta de agua en bloque	M3/mes	0	
V12	Volumen total facturado	M3/mes	12987,4	V8+V9+V10+V11
V13	Error promedio en los micromedidores	%	61%	13 ensayos a diferentes caudales por medidor
V14	Volumen real de consumo en usuarios con medidor en funcionamiento	M3/mes	12975,07	V8*(1+V13/100)
V15	Consumo real por usuario con medidor en funcionamiento	(M3/mes - usuario)	13,95169	V14/V4
V15A	Factor de consumo adicional en usuarios sin medición	Factor	1	Información comercial
V16	Consumo real por usuario sin medición	(M3/mes - usuario)	234	Formato DE-11
V17	Volumen de consumo en usuarios con medidor parado	M3/mes	809,1978	V15*V5
V18	Volumen de consumo en usuarios sin medición	M3/mes	91	Formato DE-11
V19	Pérdidas por error en micromedición	M3/mes	78,66804	V14-V8

INFORMACIÓN COMERCIAL				
V20	Pérdidas por usuarios sin medición	M3/mes	0	V18-V10
V21	Pérdidas por usuarios con medidor parado	M3/mes	809,1978	V17-V9
V22	Pérdidas por usuarios clandestinos	M3/mes	936	V16*V7
V23	TOTAL DE PERDIDAS COMERCIALES	M3/mes	1823,866	V19+V20+V21+V22

Fuente: Autor.

Según el DANE el número de domicilios es de 1114 incluyendo viviendas, establecimientos comerciales, industriales, oficiales e institucionales. En primera instancia, se estableció el total de perdidas comerciales evaluando los parámetros el total de pérdidas comerciales, el cual, se tuvo en cuenta: el número de usuarios registrados de 1110, facturando un volumen de 12896,4 m³/s; donde 930 poseen un medidor en funcionamiento y facturan un volumen de 12896,4 m³/s; y 58 conexiones con medidor parado; se estimaron cuatro (4) conexiones clandestinas generando pérdidas de 68936 m³/s, formando un total de pérdidas comerciales de 1823,86 m³/s.

Tabla 29. Información técnica operativa.

INFORMACIÓN TÉCNICA OPERATIVA				
VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD	VALOR	PROCEDIMIENTO
V24	Volumen de agua captado	M3/mes	25920	Formato DT-03
V25	Volumen de agua cruda recibido de otra fuente	M3/mes	0	Medición de caudal
V26	Volumen de agua cruda vendido	M3/mes	0	Información comercial
V27	Volumen de entrada a la planta	M3/mes	24460	Formato DT-06
V28	Pérdidas en el proceso de captación	M3/mes	1460	V24+V25-V26-V27
V29	Volumen de consumo interno de la planta o gasto operacional de la planta	M3/mes	869	Formato DT-07
V30	Pérdidas por estanqueidad, filtración en válvulas y accesorios en planta	M3/mes	0	Medida volumétrica Formato DT-07
V31	Volumen de salida de la planta	M3/mes	41236	Formato DT-07

INFORMACIÓN TÉCNICA OPERATIVA				
VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD	VALOR	PROCEDIMIENTO
V32	Perdidas por otras fugas y reboses en la planta	M3/mes	66565	V27+V29+V30+V31
V33	Volumen de agua tratada comprada a otro sistema	M3/mes	0	Información comercial
V34A	Volumen producido (suministrado por la ESP)	M3/mes	41233,45	Información comercial
V34	Volumen producido (con medición)		41236	V31+V33
V34B	Perdidas por error en macromedición	M3/mes	2,55	V34-V34A
V35	Volumen de entrada a los tanques de almacenamiento	M3/mes	41236	Formato DT10
V36	Volumen de pérdidas por estanqueidad en los tanques de almacenamiento	M3/mes	0	Formato DT-10 Anexo 1
V37	Volumen de salida de los tanques de almacenamiento	M3/mes	41236	Formato DT-10 Anexo 10
V38	Volumen de perdidas por reboses en tanques	M3/mes	0	V35-V36-V37
V39	Volumen por venta de agua en bloque	M3/mes	0	Información comercial
V40	Caudal minimo nocturno medido	M3/mes	0	Medición con equipo
V41	Consumos minimos nocturnos conocidos	M3/mes	0	Lec Consumo
V42	Caudal promedio diario	l/s	0	Medición consumo
V43	Volumen de consumo operacional (lavado de tanques más purga y lavado de tuberías)	M3/mes	0	Registro Inf operativa
V44	Pérdidas por consumos especiales sin medidor (Riego de parques bomberos fueneste públicas)	M3/mes	0	Registro Inf operativa
V45	Pérdidas en el proceso de distribución	M3/mes	28248,6	V34-V12
V46	Pérdidas en tanques de almacenamiento	M3/mes	0	V36+V38
V47	Pérdidas en fugas visibles y no visibles	M3/mes	0	V40+V41

INFORMACIÓN TÉCNICA OPERATIVA				
VARIABLE	NOMBRE DE VARIABLE	UNIDAD	VALOR	PROCEDIMIENTO
V48	Pérdidas en operación inadecuada del sistema	M3/mes	28158,6	V45-V47-46-44
V49	Factor de investigación	Factor	0	(V40-V41)/V42
V50	IANC en el proceso de CAPTACIÓN	%	5,97	V28/V27*100
V51	IANC en el proceso de TRATAMIENTO	%	0,027214	(V30+V32)/(V27*100)
V52	IANC en el proceso de DISTRIBUCION	%	68,5047	V45/V34*100

Fuente: Autor.

Para las pérdidas físicas se tuvieron en cuenta los parámetros de información técnica operativa, la cual, proporcionan las fugas visibles y no visibles. Para este apartado se tuvo en cuenta: el volumen de agua captado de 25920 m³/mes; el volumen producido (suministrado por la ESP) de 41233,45 m³/mes; pérdidas por error en macro medición de 18233,45 m³/mes; Pérdidas en el proceso de distribución de 10012,6 de m³/mes. Generando IANC para el proceso de captación de 5,97%, en el proceso de 3 tratamiento de 0,000952% y proceso de distribución de 43,53%.

El balance de agua fue necesario para poder evaluar minuciosamente cada uno de los parámetros que permiten determinar las pérdidas comerciales y físicas, puesto a que al generarse un porcentaje de IANC se establecer en que sección del sistema se implementa una estrategia para el corregimiento de las pérdidas generadas.

Cálculo del porcentaje de Índice de Agua No Contabilizada (IANC)

Para el cálculo de IANC según (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo, 2004) es necesario el valor del volumen de agua producida en la potabilización a nivel mensual (m³) y el volumen de agua facturada por los usuarios a nivel mensual (m³), llevando a cabo por medio de la ecuación 1.

Según los datos obtenidos en la E.S.P de Santana se obtuvo:

$$\%IANC = \left(\frac{\text{Volumen de agua producida} - \text{Volumen de agua facturada}}{\text{Volumen de agua producida}} \right) * 100$$

(Ecuación 18)

$$\%IANC = \left(\frac{25920 \frac{m^3}{mes} - 11737,6 \frac{m^3}{mes}}{25920 \frac{m^3}{mes}} \right) * 100$$

$$\%IANC = 54,71\%$$

Por otro lado, se obtuvo un resultado de IANC de 54,71% para el municipio de Santana lo cual, se puede establecer que este valor no es apto según la normativa explicado en la resolución 330 de 2017 lo cual, se especifica que el porcentaje máximo del agua no contabilizada es de 25%. Lo cual, se refleja que el municipio de Santana no cumple con la normativa puesto a que es mayor al valor permisible y es significativamente mayor al límite, lo que indica un problema más grave en la gestión del agua.

Este IANC fue causado por las siguientes pérdidas, en primera instancia, se evidencia que las pérdidas comerciales pueden ser caudas por factores como las conexiones clandestinas el cual son 4, las perdidas por error de macro medición de la salida de la planta con un porcentaje de 29,72% y por fallos como de la entrada y de la salida de la planta debido mala funcionalidad lo que impide una medición precisa del caudal de agua tratada; pérdidas en el proceso de distribución sobre el fallo de los micromedidores de las conexiones con 15,4%. Para la PTAP proporcionó unas pérdidas físicas, las cuales son causadas las pérdidas por reboses y tipos de fugas ni visibles con 13,98% en el proceso de captación y tratamiento.

4.5.3. Fase 3. Estrategias para la reducción del IANC

Debidamente se establecen soluciones específicas para cada factor presente en cada una de las pérdidas, el cual, la E.P.S deberá proporcionar planes de gestión ante las pérdidas de agua con el fin de alcanzar y mantener un nivel en las causas de las pérdidas las lo mínimo posible. Mediante el diagnóstico realizado en las anteriores etapas se pudo identificas más relevantes perdidas.

Para las pérdidas comerciales se identificaron conexiones clandestinas, error en la macro medición a la salida y entrada de la planta y fallas en los micromedidores de las conexiones; para las pérdidas físicas se identificaron fugas no visibles en el proceso de captación y en el proceso de tratamiento.

Una vez establecidas los factores que generan el IANC, se identificó las posibles estrategias, las cuales son las siguientes:

4.5.3.1. Conexiones clandestinas

Según (OTASS, 2020) el cual proporcione un plan de gestión comercial para la prevención y detección de conexiones clandestinas de agua se debe realizar un diagnóstico a nivel general de la zona en la sé que encuentra la red de distribución del municipio y seguir unos pasos para el control de este tipo de conexiones.

Primero, clasificar e identificar el tipo de conexión, como lo es, la manipulación del medidor del consumo, derivación de una conexión del vecino o el uso de fuente externa abastecida por el E.P.S; segundo, realizar el proceso de búsqueda de hurtos de agua dependiendo el tipo de usuario (no clientes, clientes inactivos o clientes medidos); tercero, establecer el método de preidentificación de posibles sospechosos de hurto; cuarto, gestión las inspecciones de campo para confirmar o descartar el hurto, quinto, determinar el método de detección y localización de las conexiones, como lo es el método electroacústico, detector con datalogger de presión o por medio de cámaras endoscópicas, entre otros; sexto, proporcionar el tratamiento a los hurtos detectados (CRA, 2023).

4.5.3.2. Fallas en los macros y micromedidores

Para abordar eficazmente las pérdidas relacionadas con fallas en los macros y micromedidores, se propone la implementación de una estrategia integral que se centre en la calibración periódica de los micromedidores y revisiones regulares tanto de uno como del otro (RICO, 2013).

Además, se establece un proceso para el reemplazo de medidores defectuosos, con un enfoque proactivo en la detección y corrección de posibles problemas de medición. A continuación, se presentan las estrategias:

Calibraciones periódicas de micromedidores (cada 6 meses)

- Realizar calibraciones sistemáticas de los micromedidores cada seis meses para garantizar su precisión y funcionamiento óptimo (CRA, Gestor normativo , 2023).
- Contratar servicios especializados para llevar a cabo las calibraciones, asegurando la certificación y precisión de los equipos de medición (CRA, Gestor normativo , 2023).
- Documentar y mantener registros detallados de las calibraciones realizadas, incluyendo fechas, resultados y cualquier acción correctiva tomada (CRA, Gestor normativo, 2023).

Revisiones periódicas de macro y micromedidores

- Incorporar tecnologías avanzadas de monitoreo y telemetría para realizar revisiones a distancia, minimizando la interrupción del servicio y optimizando los recursos (Delgado, 2018).
- Llevar a cabo revisiones programadas de estos mismos para identificar posibles fallas o irregularidades en el sistema de medición (Delgado, 2018).
- Establecer un protocolo de revisión que incluya la inspección visual, pruebas de funcionamiento y análisis de datos recopilados por los medidores (Delgado, 2018).

Proceso de reemplazo y facturación al usuario

- Implementar un sistema de detección temprana de defectos en los medidores que pueda activar automáticamente la solicitud de reemplazo (Benavides, 2003).
- Realizar el cambio de medidores defectuosos de manera oportuna, utilizando equipos certificados y asegurando la calidad de los nuevos dispositivos instalados (Hernández, 2022).
- Cobrar los costos asociados al reemplazo del medidor al usuario, distribuyendo la carga económica en cuotas mensuales agregadas a la factura del servicio (DIALNET, 2018).
- Garantizar una comunicación transparente con los usuarios, explicando la necesidad del reemplazo y los beneficios a largo plazo en términos de mejora en la precisión de la medición (Edicions UPC, 2017).

Educación y participación al ciudadano

- Implementar campañas educativas para informar a los usuarios sobre los beneficios de los nuevos medidores inteligentes y la importancia de mantener un sistema de medición preciso (López Huertas, 2023).
- Fomentar la participación de los usuarios en la detección de posibles problemas, alentándolos a informar cualquier irregularidad en el consumo de agua (Uriza Suárez, 2016).

4.5.3.3. Fugas no visibles

Se establecen acciones que permiten disminuir estas pérdidas, en primera instancia, la reducción de presión, seguidamente, localización de fugas no visibles por medio de métodos acústicos, según (Osama Hunaidi, 2000) es la mejor alternativa para la detección de fugas en donde dependerá de factores, pues, la zona de estudio cumple con estos y son el tipo de la tubería (metal), el tipo de material que se encuentre en la superficie del terreno (asfalto y concreto), entre otros más relevantes (Mansilla, 2020).

Este método se generará mediante el geófono electrónico que proporciona la detección de fuga mediante una varilla de contacto, pues causa una visualización gráfica y aporta un almacenamiento de 31 niveles de señal con detección pasiva de cables, según (Universidad Santo Tomás, 2017) el cual generó una cotización donde determinó que la alternativa anteriormente mencionada es la mejor opción debido a que el precio (\$17.000.000 COP) es el más asequible y de mejor calidad, el cual, la E.S.P podrá costar esta alternativa. Y Finalmente, evaluar la calidad de las materias de las tuberías y proporcionar el debido tratamiento (Programa de Control las Pérdidas Gestión Operacional, 2010).

Al identificar los determinantes de las pérdidas, se procedió a estimar estrategias viables para la reducción del Índice de Agua No Contabilizada (IANC). En consecuencia, se formuló una recomendación específica a la Empresa de servicios públicos domiciliarios (E.S.P.) para que integre estas estrategias dentro de un plan de gestión. Según (Jaramillo Martínez, Pacheco Valencia, & Velasco Morales, 2021) dicho plan se diseñó con el propósito de propiciar la disminución tanto de las pérdidas comerciales como de las físicas, contribuyendo así a la optimización integral del sistema de abastecimiento de agua.

5. CONCLUSIONES

- Determinar el Índice de Agua No Contabilizada (IANC) para el municipio de Santana, Boyacá, reveló aspectos críticos y oportunidades de mejora en la gestión del sistema de abastecimiento de agua. En cuanto a los aspectos positivos, se destacó la calidad aceptable del agua proveniente de la fuente "Quebrada El Cafetal" y la infraestructura en condiciones adecuadas del sistema de captación, desarenador, aducción y planta de tratamiento. Además, se identificaron detalladamente los componentes y procesos del sistema, proporcionando una base sólida para el análisis.
- Por otro lado, el IANC resultó ser significativamente elevado, alcanzando un 54,71%, lo que indica una cantidad considerable de agua no contabilizada en el municipio. Este valor supera considerablemente el límite máximo permitido del 25%, según la normativa establecida. Las pérdidas comerciales, impulsadas principalmente por conexiones clandestinas y errores en la

medición, representaron una proporción considerable de las pérdidas totales. Asimismo, las pérdidas físicas, como fugas no visibles, también contribuyeron significativamente al IANC.

- En cuanto a las estrategias propuestas para reducir el IANC, se identificaron acciones específicas para abordar cada tipo de pérdida. Para las conexiones clandestinas, se propuso un plan de gestión que involucra clasificación, detección y métodos de inspección. Para las fallas en los medidores, se sugirió un enfoque integral que incluye calibraciones periódicas, revisiones regulares y procesos de reemplazo proactivos. En el caso de las fugas no visibles, se recomendaron estrategias como la reducción de presión, la detección mediante geófono electrónico y la evaluación de la calidad de las tuberías.
- La elaboración de los manuales de operación y mantenimiento para las plantas de tratamiento de agua potable, tanto para la planta de tratamiento La Roca en el casco urbano como para las plantas compactas en la zona rural, representa una medida positiva y crucial para asegurar la eficiencia, seguridad y calidad en el suministro de agua a la comunidad. Estos manuales proporcionan una guía detallada y exhaustiva de los procesos operativos, los riesgos asociados y las medidas preventivas y correctivas necesarias. La atención especial a la gestión de riesgos y la implementación de procedimientos claros fortalecen la capacidad de las plantas para brindar un suministro continuo y seguro de agua potable, lo que contribuye significativamente al bienestar y la salud de la población.
- La bocatoma de fondo ha sido diseñada con un enfoque hidráulico que destaca por su eficiencia en la captación del caudal del río. El diseño integral, que abarca desde la presa hasta la tubería de excesos, asegura un funcionamiento fluido y eficaz de todo el sistema. La cuidadosa consideración de la velocidad del agua en la presa y el canal de aducción demuestra un enfoque hidráulico bien ajustado, permitiendo una captación óptima del recurso hídrico disponible.
- La adherencia a normativas específicas, como la resolución 330 de 2017, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), y el libro de López Cualla (2017), es una característica destacada del diseño. Este cumplimiento garantiza no solo la legalidad del proyecto, sino también la implementación de estándares técnicos que respaldan la calidad y seguridad del abastecimiento de agua.
- La proyección a 25 años y la consideración de una población de 7,805 habitantes para el año 2023 reflejan una planificación a largo plazo para satisfacer las futuras necesidades de la comunidad. Esta visión anticipada

fortalece la sostenibilidad del proyecto, asegurando que el sistema de captación pueda adaptarse al crecimiento poblacional previsto.

- El diseño detallado de la rejilla, con la adopción de una longitud de 1,0 m para facilitar el acceso y mantenimiento, destaca la atención a la operatividad continua del sistema. Además, la cuidadosa determinación de las alturas de los muros de contención demuestra una preocupación por la seguridad estructural del sistema.
- El análisis exhaustivo del caudal de excesos, considerando situaciones hidrológicas adversas, y el diseño correspondiente del vertedero de excesos reflejan una previsión para hacer frente a condiciones climáticas variables. Esta capacidad de manejar excesos fortalece la robustez del sistema, evitando posibles desbordamientos y asegurando su capacidad de respuesta a condiciones imprevistas.
- Los resultados financieros del Municipio de Santana revelan un superávit considerable, generando una oportunidad estratégica para mejorar la provisión de subsidios a los niveles mínimos establecidos. La adopción de medidas específicas, como la asignación de porcentajes de subsidio por estrato en los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo, demuestra un enfoque dirigido hacia la equidad y el alivio económico para los estratos más vulnerables.
- Aunque se reconoce la importancia de implementar y mantener el sistema de abastecimiento de agua en Santana, Boyacá, el informe no detalla estrategias específicas para abordar las pérdidas de agua. Incluir medidas concretas, como tecnologías de medición precisas y educación comunitaria, fortalecería la utilidad del informe.
- Además, aunque se mencionan las implicaciones económicas y de calidad en el suministro de agua, el documento podría explorar más a fondo las consecuencias socioeconómicas para la comunidad afectada. Detalles adicionales permitirían una comprensión más completa de los desafíos y brindarían una base más sólida para la toma de decisiones.
- Se refleja que el porcentaje de IANC del municipio de Santana no es el adecuado según la normatividad, esto se refleja en el balance de agua, donde, se observa cuáles son las secciones de los sistemas que están incumpliendo.
- Es importante que se generen este tipo de estudios debido a que produce un enriquecimiento de conocimiento sobre la temática de IANC, en donde, es

fundamental que las empresas de servicio de acueducto de los municipios ejecuten un control sobre las pérdidas que se generan.

- Para la reducción del IANC es importante que la E.S.P del municipio de Santana genere un plan de gestión para esta problemática, el cual, se recomendará implementar las estrategias planteadas en el artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.). Obtenido de Ferreira, I. L. (2019). Social equity in the context of water loss management. *Journal of Cleaner Production*, 220, 383-391.
- Adolfo León Agatón, J. C. (octubre de 2016). *Scielo* . Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2016000400010&script=sci_arttext
- Angelica Aaron, H. A. (2021). *Universidad libre* . Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/23890>
- Barrera-Herrera, J. A., Aranguren-Riaño, N., Páez-Ruíz, Y. M., Molina-Pacheco, L. B., Pedroza-Ramos, A., & Díaz-Ballesteros, C. A. (2020). *Incidencia del tiempo de retención hidráulica en el plancton del reservorio La Chapa (Santana, Boyacá), Colombia*. Obtenido de Scielo: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0370-39082020000200407&script=sci_arttext
- Beltrán Orjuela, T. D. (21 de 07 de 2021). *CRAI USTA* . Obtenido de Universidad Santo Tomas : <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/34988>
- Benavides, O. A. (2003). *Aspectos técnicos del índice de agua no contabilizada en Colombia* . Obtenido de Unidandes: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/e33cf102-2a7c-420a-ab5f-e34bf63be42a/content>
- Bogota, A. d. (30 de junio de 2017). *Resolucion 330 de 2017* . Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=71542>
- Bueno Herrera , D., Monroy Avila , E., & Zafra Mejia , C. (2020). *Dialnet* . Obtenido de Análisis de agua no contabilizada en el sistema de abastecimiento urbano del municipio de Facatativá, Colombia: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7559574>

- Cabra, L. E. (2019). *Servicio universal, fondos de solidaridad y redistribución de ingreso, el caso del saneamiento básico*. Obtenido de <https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/contexto/article/view/2610/2718>
- CEPAL. (2019). *SÍNTESIS DE POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de La gestión y manejo de residuos sólidos y sus propuestas regulatorias e impositivas: [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9434e23c-848f-4109-9273-ed49d30c7e7c/content](https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/9434e23c-848f-4109-9273-ed49d30c7e7c/content)
- Cerquera, Y. F. (19 de 03 de 2019). *Google academico*. Obtenido de Propuesta pedagógica de Educación Ambiental, desde la perspectiva de la complejidad en torno a los residuos sólidos : [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://idepred.unicafam.edu.co/wp-content/uploads/2015/11/Propuesta-pedag%C3%B3gica-de-Educaci%C3%B3n-Ambiental-desde-la-perspectiva-de-la-complejidad-en-torno-a-los-residuos-s%C3%B3lidos.pdf](https://idepred.unicafam.edu.co/wp-content/uploads/2015/11/Propuesta-pedag%C3%B3gica-de-Educaci%C3%B3n-Ambiental-desde-la-perspectiva-de-la-complejidad-en-torno-a-los-residuos-s%C3%B3lidos.pdf)
- Claudia Lorena García Zuluaga, H. G. (2016). *Universidad autonoma* . Obtenido de <https://publicaciones.autonoma.edu.co/index.php/anfora/article/view/140>
- Conrado del puerto , Rojas, M., Puerto Rodriguez , A., & Prieto Diaz , V. (2022). *Conocimientos y actitud de la población en relación con el saneamiento básico ambiental*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1561-30032000000200008&script=sci_arttext
- CRA. (02 de Febrero de 2023). *Gestor normativo*. Obtenido de https://normas.cra.gov.co/gestor/acue_cto_conexion_agua_ilegal.html
- CRA. (2023). *Gestor normativo* . Obtenido de https://normas.cra.gov.co/gestor/acue_cto_micromedicion_micromedidores.html
- Delgado, D. C. (2018). *SENECA*. Obtenido de [chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8037bf9b-3f04-4f8d-af4b-883e134cf1d0/content](https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/8037bf9b-3f04-4f8d-af4b-883e134cf1d0/content)

- DIALNET. (2018). *La eficiencia y la equidad en la fijación de*. Obtenido de La eficiencia y la equidad en la fijación de PRECIOS DE LOS SERVICIOS PUBLICOS:
- Dourojeanni , A., Jouravlev , A., & Chávez, G. (Agosto de 2002). *Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica* . Obtenido de recursos naturales e infraestructura : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/4a1aa6b2-4603-4de1-882e-caf774c07978/content
- Edicions UPC. (2017). *UPC*. Obtenido de Materiales docentes : https://mdx.cat/handle/2099.3/36178
- Fernando, C., Jauregui , C., & Crespo Miellet , A. (2020). *El agua recurso unico* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.wasagn.net/private/admin/ficheiros/uploads/5102a7ddd4479d58dc78d4aeaf17683a.pdf
- Grandez Rodriguez, P. (2017). *DSpace CRIS*. Obtenido de Universidad de San Martin : https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2749
- Guevara Buendía, J. O. (04 de 2014). *UCC*. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/items/14231987-3295-4762-afc3-731d4ae8f0ee
- Hernández, J. D. (01 de Febrero de 2022). *METODOLOGÍA PARA LA REDUCCIÓN DEL ÍNDICE DE AGUA NO CONTABILIZADA (IANC) EN EL MUNICIPIO DE APULO, CUNDINAMARCA* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/25041/Tesis%20de%20Grado%20Jonathan%20Herrera%20V12.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20%C3%8Dndice%20de%20Agua%20No,se%20dist
- Inga Méndez, D. d. (26 de 03 de 2014). *PUCP*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5190
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. (2006). *Métodos analíticos de laboratorio de suelos*. Bogotá.
- Jaramillo Martínez, C., Pacheco Valencia, M., & Velasco Morales, R. (2021). *Plan para la reducción del índice de agua no contabilizada -IANC- apoyado en un*

modelo de gobierno de TI (Tecnologías de la Información) para la empresa aguas de Barrancabermeja S.A. E.S.P. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.universidad ean.edu.co/bitstream/handle/10882/11012/VelascoRolando2021.pdf?sequence=1

Lopez Cualla , R. (2017). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* . Colombia : Escuela colombiana de ingenieria .

López Huertas, H. J. (31 de 05 de 2023). *Universidad piloto de Colombia* . Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/12602>

LOPEZ-HERNANDEZ, N. A. (2007). *SCIELO*. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000601433&script=sci_abstract&tlng=pt

Mansilla, P. R. (19 de 08 de 2020). *Vinculos, sociologia, analisis y opinion* . Obtenido de Vinculos, sociologia, analisis y opinion : <http://revistavinculos.cucsh.udg.mx/index.php/VSAO/article/view/7551>

Medellin, A. (09 de Mayo de 2023). *Educación ambiental: qué es, función, sus objetivos e importancia en la actualidad*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/educacion-ambiental-que-es-funcion-sus-objetivos-e-importancia-en-la-actualidad/>

MEJÍA, C. C. (2022). *Sistema de Salud en Colombia*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://petro.presidencia.gov.co/Documents/230213-Reforma-salud.pdf

Minambiente. (2023). *Colombia potencia de la vida* . Obtenido de Uso Eficiente y Ahorro del Agua: <https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-eficiente-y-ahorro-del-agua/>

Rafael Pérez Uribe, A. B. (Enero de 2008). *Sistema de gestión ambiental: serie isO 14000*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/206/20611457007.pdf

Rey, M. M. (2010). *Reposito institucional Seneca*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/829689d6-f63a-4ff5-bdcf-93d92901423f/content

- RICO, J. F. (2013). *UTP*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/005a9520-39c4-4825-8a3d-e4bbe870ca03/content
- Rondón , E., Marcel , T., Narea, S., & Fran, J. (2021). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. Obtenido de Manuales de la CEPAL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a5f80abc-8063-4e19-b871-e954f1db5bf6/content
- sanitaria, N. a. (2020). *Normativa ambiental y sanitaria* . Obtenido de http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm
- SENA. (2022). *OPERACION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE POTABILIZACION DE AGUA*. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html
- Silva, R. A. (2023). *El Agua No Facturada (ANF): Análisis en Profundidad de las Pérdidas Aparentes*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/el-agua-facturada-anf-an%C3%A1lisis-en-profundidad-de-las-vasquez-silva>
- UPTC. (2020). *El Mantenimiento General Administración de Empresas Administración de Empres*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1297/1/RED-70.pdf
- Uriza Suárez, N. E. (2016). *RIDUM*. Obtenido de Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios en el sector urbano de la ciudad de Tunja y propuesta de sensibilización para su separación en la fuente: <https://ridum.umanizales.edu.co/handle/20.500.12746/2790>
- Urquijo, J. M. (Julio de 2020). *Universidad Libre seccional Socorro* . Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/19527/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1
- Vega, R. (11 de 01 de 2009). *Editorial*. Obtenido de Informe Comisión Determinantes Sociales de la Salud de la Organización Mundial de la Salud:

chrome-
extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/r
gps/v8n16/v8n16a01.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Represa del municipio de santana.



Fuente: Autor.

Anexo 2. Sistemas de captación de las fuentes hídricas.



Fuente: Autor.

Anexo 3. Excel diseño de bocatoma de fondo parte 1.

BOCATOMA DE FONDO	
Diseño de la Presa	
1 Caudal	$Q=1,84*L*(H^{1,5})$
2 Profundidad de la lámina de agua sobre la presa (m)	$H=((Q/L)^{2/3})$
3 Corrección longitud de vertimiento	$L'=L-0,1*n*H$
4 Velocidad del río (m/s)	$Vr=(Q/L'*H)$

Diseño de la rejilla y del canal de aducción	
Ancho del canal de aducción:	
5 Alcance filo superior (m)	$Xs=0,36*((Vr^{2/3}))+0,60*((H^{4/7}))$
6 Alcance filo inferior (m)	$Xi=0,18*((Vr^{4/7}))+((0,74*H^{3/4}))$
7 Ancho del canal de aducción (m)	$B=Xs+0,10$

Fuente: Autor.

Anexo 4. Excel diseño de bocatoma de fondo parte 2.

Rejilla:		
8 Área neta de la rejilla (m ²)	$A_{neta}=a*B*N$	
9 Superficie total de la rejilla	$A_{total}\approx(a+b)*B*N$	
10 Relación entre área neta y área total	$(A_{neta}/A_{total})=(a/a+b)$	$A_{neta}=(a/a+b)*A_{total}$
11 Área total en función de la rejilla (Lr)	$A_{neta}=(a/a+b)*B*Lr$	
12 Caudal a través de la rejilla	$Q=K*A_{neta}*Vb$	
Niveles de agua en el canal de aducción:		
13 Profundidad aguas arriba (m)	$h_o = \left[2h_s^2 + \left(h_e - \frac{iL_c}{3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} * iL_c$	
14 Profundidad crítica (m)	$h_{c}=(Q^2/(gB^2))^{1/3}$	

Fuente: Autor.

Anexo 5. Excel diseño de bocatoma de fondo parte 3.

Diseño de la cámara de recolección	
Alcance filo superior (m)	$Xs=0,36*((Ve^{2/3}))+0,60*((he^{4/7}))$
Alcance filo inferior (m)	$Xi=0,18*((Ve^{4/7}))+((0,74*he^{3/4}))$
15 Condición entrada a la cámara	$L=Xs+0,30$
Desagüe del caudal de excesos T	
16 Caudal captado (m3/s)	$Q_{captado}=C_d*A_{neta}*v2gH$
17 Caudal excesos	$Q_{excesos}=Q_{captado}-Q_{diseño}$

Fuente: Autor.

Anexo 6. Acuerdo factores de subsidios para el municipio de Santana.

ACUERDO No. 001 de 2024

(19 DE OCTUBRE)

“POR MEDIO DEL CUAL SE ESTABLECEN LOS FACTORES DE SUBSIDIO Y LOS FACTORES DE APORTES SOLIDARIDAD PARA LOS SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN EL MUNICIPIO DE SANTANA – BOTACA, PARA LA VIGENCIA 2024”

EL HONORABLE CONCEJO MUNICIPAL DE SANTANA-BOYACÁ

En uso de sus facultades Constitucionales y Legales y especial las conferidas por la Ley 2075 de 2021, Ley 142 de 1994, artículo 2 Ley 632 de 2000, Decreto 1013 de 2005 y decreto 57 de 2006 del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Ley 1450 de 2011.

CONSIDERANDO

Que el numeral 5 del artículo 315 de la Constitución Política del 1991 establece,

“Presentar oportunamente al Concejo los proyectos de acuerdo sobre planes y programas de desarrollo económico y social, obras públicas, presupuesto anual de rentas y gastos y los demás que estime convenientes para la buena marcha del municipio”.

Fuente: Autor.

Anexo 7. Acuerdo factores de subsidios para el municipio de Santana Excel.

SUI	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	Aseo	Total	
2020	\$ 16.900.000,00	\$ 2.695.000,00	\$ 20.562.000,00	\$ 40.157.000,00	
2019	\$ 15.920.000,00	\$ 2.707.000,00	\$ 10.567.800,00	\$ 29.194.800,00	
2018	\$ 68.720.000,00	\$ 864.000,00	\$ 38.540.000,00	\$ 108.124.000,00	
2017	\$ 7.457.000,00	\$ 1.987.000,00	\$ 5.986.000,00	\$ 15.430.000,00	
	SUBSIDIO				
	acueduto	alcantarillado	aseo		
LO QUE ESTA EN EL ACUERDO DE PRESUPUESTO 2023 DE SANTANA	\$ 92.701.171,00	\$ 36.187.304,00	\$ 60.741.074,00		
	\$ 43.424.765,00	\$ 36.187.304,00	\$ 28.949.844,00		
	TOTAL	\$ 108.561.913,00	\$ 108.561.913,00		
	0,30988309%	0,25823590%	0,20658873%	0,77470772%	
	\$ 14.013.273.718,00				
	SUBSIDIO				
	Acueducto	Alcantarillado	Aseo	Total	Norma 15%
Efectivo a emplear \$	43.424.765	36.187.304	28.949.844	108.561.913	16284287%
Porcentaje %	0,399999998	0,33333333	0,266666672		
Porcentaje % con la norma	542,8	542,80956	434,24766	1519,86678	
Presupuesto municipio	\$ 14.013.273.718,00				
presupuesto FSRI	\$ 108.561.913,00	\$ 68.404.913,00			

Fuente: Autor.

Anexo 8. Acuerdo fondo de solidaridad para el municipio de Santana.

ACUERDO No. 001 de 2024

(04 DE SEPTIEMBRE)

POR MEDIO DEL CUAL SE CREA EL FONDO DE SOLIDARIDAD Y REDISTRIBUCION DE INGRESOS PARA LOS SERVICIOS DE ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO EN EL MUNICIPIO DE SANTANA, BOYACA.

EL CONCEJO MUNICIPAL DE SANTANA BOYACA, EN USO DE SUS ATRIBUCIONES LEGALES EN ESPECIAL LAS CONFERIDAS POR EL ARTICULO 313 Y 368 DE LA CONSTITUCION POLITICA, LA LEY 136 DE 1994 Y EN CUMPLIMIENTO DE LA LEY 142 DE 1994,

Y

CONSIDERANDO:

Que el Artículo 366 de la Constitución Política, establece que:

“Una de las finalidades sociales del Estado el velar por el bienestar y el mejoramiento de la calidad de vida de la población, con un enfoque en la solución de las necesidades básicas insatisfechas en saneamiento básico y agua potable.”

Que la Ley 142 de 1994, en su artículo 89, establece:

“La obligación de los Concejos Municipales de crear Fondos de Solidaridad y redistribución de ingresos, como parte de las medidas destinadas a promover la equidad y la justicia social.”

Fuente: Autor.

Anexo 9. Cartilla de manual de operación y mantenimiento planta La Roca.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
LA ROCA

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA ROCA

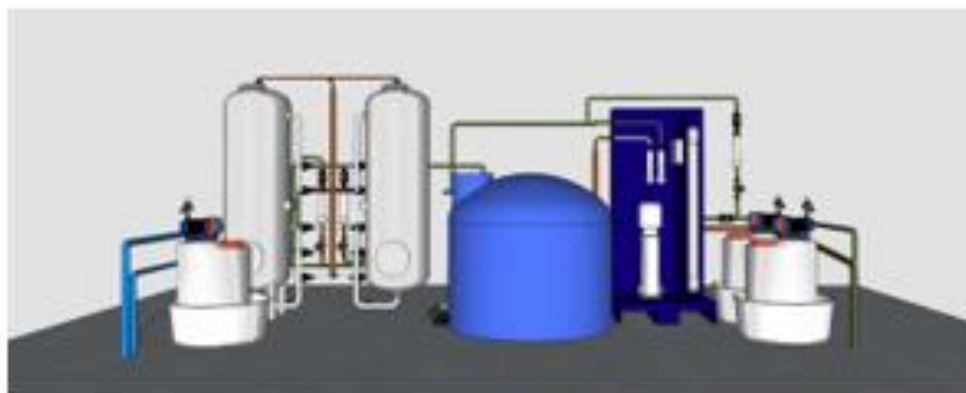


2023

Fuente: Autor.

Anexo 10. Cartilla de manual de operación y mantenimiento tipo compacta.

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE AGUA POTABLE COMPACTA



2023

Fuente: Autor.

Anexo 11. Caracterización de residuos sólidos.

Plan De estudio de caracterización de residuos solidos para el municipio de Santana Boyacá

Nicol Dayana Alejandra Marin Gonzalez



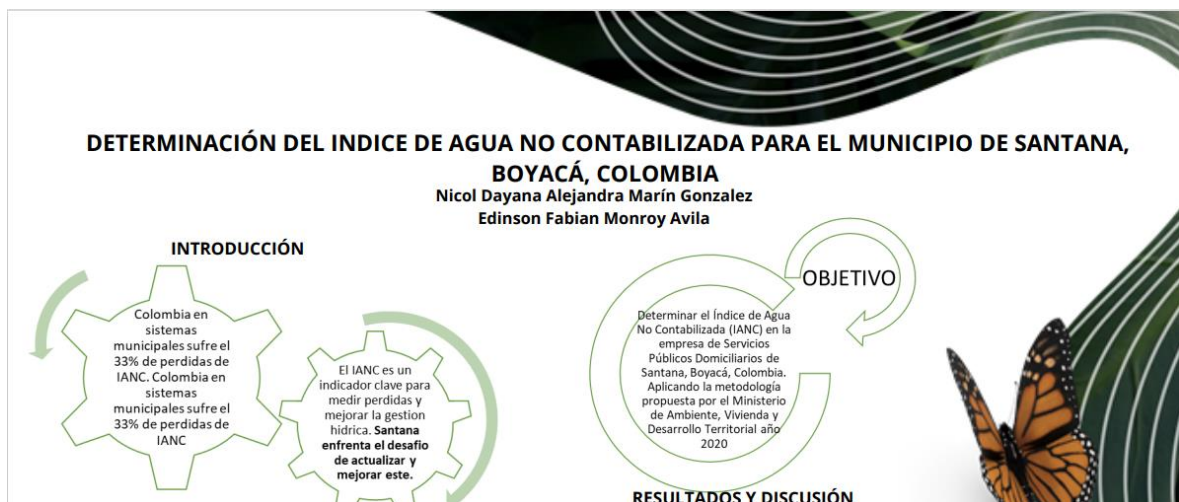
Empresa de servicios públicos EMSANTANA

Santana Boyacá

2023

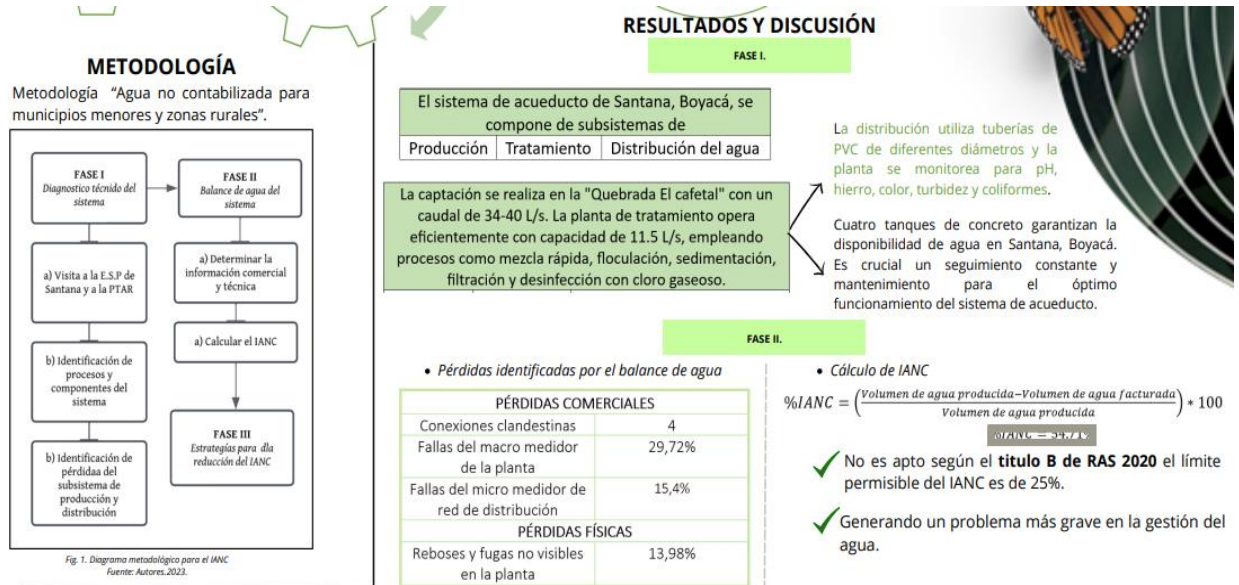
Fuente: Autor.

Anexo 12. Poster IANC parte 1.



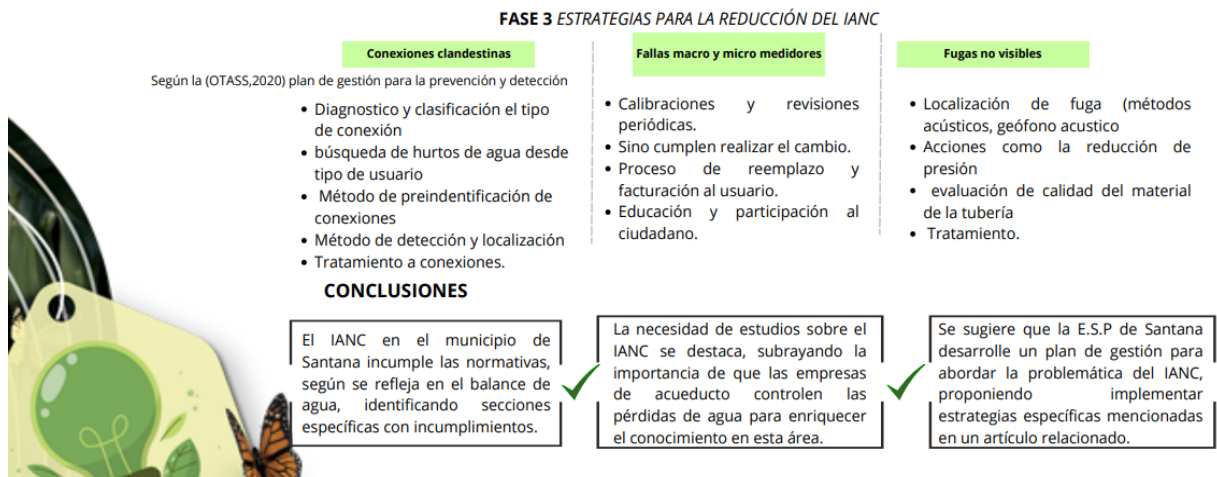
Fuente: Autor.

Anexo 13. Poster IANC parte 2.



Fuente: Autor.

Anexo 14. Poster IANC parte 3.



Fuente: Autor.