



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Diseño de Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) en los resguardos indígenas
embera chamí y gitó dokabú de Risaralda.**

Jennifer Mejía Jiménez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil
Manizales, Colombia
2024

**Diseño de Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) en los resguardos indígenas
embera chamí y gitó dokabú de Risaralda**

Jennifer Mejía Jiménez

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Ingeniería – Recursos Hidráulicos

Director:

I.C, MSc, Fabián Andrés Yara Amaya

Codirector:

I.C, MSc, Ph.D., Freddy Leonardo Franco Idarraga

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil

Manizales, Colombia

2024

Diseño de Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) en los resguardos indígenas embera chamí y gitó dokabú de Risaralda.

Resumen: El acceso al saneamiento básico es un derecho fundamental que aún no está garantizado en muchas comunidades indígenas de Colombia. En los resguardos indígenas Embera Chamí y Gitó Dokabú, ubicados en el departamento de Risaralda, gran parte de la población carece de acceso a agua potable y servicios sanitarios adecuados, lo que genera problemas de salud pública y ambientales. Este trabajo presenta el diseño de Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) como una solución adaptable a las condiciones topográficas y culturales de estas comunidades. La propuesta incluye el diseño arquitectónico, hidráulico y sanitario de las UCOS, así como la implementación de sistemas de captación, almacenamiento y tratamiento de aguas residuales. Se considera un enfoque modular palafítico para garantizar la estabilidad estructural en terrenos de alta montaña y minimizar el impacto ambiental. Los cálculos técnicos, basados en normativas nacionales e internacionales, aseguran que estas unidades sean eficientes y sostenibles. Además, se incorpora un manual de mantenimiento para que la comunidad pueda gestionar su operación a largo plazo. Se espera que la implementación de las UCOS no solo mejore la calidad de vida de estas comunidades, sino que también sirva como modelo para otras poblaciones rurales en condiciones similares.

Palabras clave: Saneamiento básico, comunidades indígenas, UCOS, agua potable, infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales, desarrollo sostenible.

Design of Community Sanitary Units in the Embera Chamí and Gito Dokabú Indigenous Communities of Risaralda, Colombia

Abstract: Access to basic sanitation remains a critical and unmet need in numerous indigenous communities across Colombia. In the Embera Chamí and Gito Dokabú reserves, located in the department of Risaralda, the majority of inhabitants lack access to safe water and adequate sanitation infrastructure, resulting in significant public health risks and environmental degradation. This study presents the design of Community Sanitary Units (UCOS, by its Spanish acronym) as a context-sensitive solution, adapted to the topographical and sociocultural characteristics of the target communities. The proposed intervention encompasses the architectural, hydraulic, and sanitary design of the UCOS, alongside the development of an integrated system for the collection, storage, and treatment of wastewater. A modular stilt-based structure is proposed to ensure structural stability in mountainous terrain while minimizing ecological impact. Furthermore, the system has been conceived with low-maintenance, manual operation features to facilitate long-term sustainability and self-management by the community. The implementation of these units is expected not only to improve the quality of life and health outcomes for the beneficiary populations but also to serve as a scalable model for rural territories with similar geographic and socio-environmental conditions.

Keywords: basic sanitation, indigenous communities, UCOS, drinking water, sanitary infrastructure, wastewater treatment, sustainable development.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivos específicos	4
4. ANTECEDENTES.....	5
5. METODOLOGÍA	11
5.1 Propuesta de Unidad Comunitaria Sanitaria - UCOS.....	14
5.2 Definiciones básicas.....	17
5.3. Cálculos de la dotación y la demanda de agua	21
5.4 Diseño de la captación de agua superficial para la UCOS.....	27
5.5 Diseño del sistema hidrosanitario de la UCOS.....	34
5.6 Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la UCOS	47
5.7 Presupuesto y cronograma	53
5.8 Manual de mantenimiento.....	56
6. CONCLUSIONES	61
7. REFERENCIAS	63

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Acceso a saneamiento básico en las comunidades indígenas Pueblo Rico	13
Tabla 2. Censo en los resguardos indígenas Embera chamí y Gitó dokabú de Risaralda ..	13
Tabla 3. Número de UCOS a implantar según el rango de habitantes	16
Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante de la zona atendida	21
Tabla 5. Métodos de cálculo para la proyección de la población	22
Tabla 6. Coeficiente de consumo máximo diario, k1 y k2	26
Tabla 7. Cálculo de caudales para los rangos de población funcionales de las UCOS	26
Tabla 8. Cálculo de caudales en las UCOS - rangos de población.	27
Tabla 9. Diseño estructuras de captación - rangos de población de las UCOS	33
Tabla 10. Estimación capacidad del reservorio - rangos de población de las UCOS	33
Tabla 11. Factor de simultaneidad instalaciones hidráulicas	38
Tabla 12. Criterio de diseños del sistema de distribución de agua.	40
Tabla 13. Diseño Hidráulico Unidad Comunitaria Sanitaria	42
Tabla 14. Valores de unidades para aparatos en redes de suministro	44
Tabla 15. Chequeo diseño sanitario	45
Tabla 16. Dimensionamiento de desagües del sistema.	46
Tabla 17. Tiempos de retención	49
Tabla 18. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos	49
Tabla 19. Valores de profundidad útil	49
Tabla 20. Dimensionamiento del pozo séptico	50
Tabla 21. Dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente	52
Tabla 22. Dimensiones para campo de infiltración	53
Tabla 23. Presupuesto de construcción de una Unidad Comunitaria Sanitaria UCOS	55
Tabla 24. Presupuesto de construcción para todos los resguardos indígenas	55
Tabla 25. Cronograma Unidades Comunitarias Sanitarias UCOS	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Implementación de saneamiento en la India rural	5
Figura 2. LifeStraw Community Filters.....	6
Figura 3. Safe Water Network	7
Figura 4. Soluciones de potabilización de agua instalados en	8
Figura 5. Solución sanitaria de baños ecológicos	8
Figura 6. Torres de agua potable instaladas en la comunidad de Peñas Blancas, Chocó	9
Figura 7. Unidades sanitarias para vivienda rural dispersa.....	10
Figura 8. Ubicación resguardos indígena departamento de Risaralda	11
Figura 9. Comunidad Kemberdé.....	12
Figura 10. Comunidad Mentuará	12
Figura 11. Vivienda típica de la comunidad indígena embera.....	13
Figura 12. Propuesta Unidad Comunitaria Sanitaria (UCOS)	14
Figura 13. Planos de diseño de las Unidades Comunitarias Sanitarias UCOS	15
Figura 14. Propuesta de implantación de las UCOS para la comunidad Kemberdé.....	16
Figura 15. Propuesta de implantación de las UCOS para la comunidad Mentuará.....	16
Figura 16. Determinación de ancho de la pantalla.....	28
Figura 17. Altura de la cámara húmeda	31
Figura 18. Dimensionamiento de canastilla.....	31
Figura 19. Estructura de captación propuesta	32
Figura 20. Aparato crítico red de distribución de la UCOS.....	42
Figura 21. Sistema hidráulico de captación, reservorio y unidad comunitaria UCOS	43
Figura 22. Isometría del sistema hidráulico del UCOS.	43
Figura 23. Red de desagüe de la UCOS.....	46
Figura 24. Red de infiltración de la UCOS A. isometria, B vista lateral.....	53

1. INTRODUCCIÓN

El déficit en saneamiento básico amplía las brechas sociales en los territorios, obligando a las poblaciones campesinas y a las minorías étnicas a enfrentar múltiples problemas ambientales, de salud, económicos e incluso políticos y culturales. Por esta razón, 193 estados miembros de la ONU se comprometieron a mejorar la seguridad y la cobertura sanitaria universal para el año 2030, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Ayal, et al., 2022).

Así, el plan de gobierno “Colombia, potencia mundial de la vida” busca garantizar el derecho al agua y saneamiento básico, reconociendo la necesidad de mejorar la calidad y cobertura en las zonas rurales. Enfoque que a su vez implica una transición hacia un modelo de salud preventivo y predictivo que incida en los factores sociales, pero que debe implementarse con propuestas compatibles con las condiciones ambientales, culturales y paisajísticas de las regiones, así como con los hábitos y costumbres de los hogares (Petro y Márquez 2022).

Este es el caso de los pueblos indígenas del municipio de Pueblo Rico (Risaralda), donde un censo realizado en noviembre de 2023 por el Ministerio del Interior y la empresa Aguas y Aseo de Risaralda S.A. E.S.P. concluyó que aproximadamente el 79% de la población nativa del territorio no cuenta con acceso a agua segura, ni a saneamiento básico, lo que los hace muy vulnerables a enfermedades gastrointestinales (Aguas y Aseo de Risaralda 2023).

El agua no es apta para el consumo humano, usualmente por el vertido incontrolado de aguas residuales, mala disposición de excretas o resultado de prácticas de defecación al aire libre. Estas prácticas no solo son insalubres, sino también inseguras, ya que implican posibilidad de picaduras y mordeduras de animales; además -al carecer de privacidad- son consideradas por la ONU como una afrenta a la dignidad humana y especialmente peligrosas en el caso de mujeres y niñas (Miyares and ONU 2014).

Un gramo de heces puede contener 10 millones de virus, un millón de bacterias y mil parásitos (UNICEF. 2020). La falta de lavado de manos después de defecar y antes de comer contribuye, según la OMS, a más de 800,000 muertes anuales, una cifra superior a las muertes por malaria (Florio and ONU 2019). Por esta razón se ha planteado que para el año 2030, el 100% de la población tenga acceso a agua potable y saneamiento básico; sin embargo, esta meta parece lejana para las comunidades mencionadas, ya que solo el 21% de la población

indígena risaraldense cuenta con acceso a agua y el 100% carece de soluciones en materia de saneamiento básico (Aguas y Aseo de Risaralda 2023) (Siágama 2024).

A pesar de que el agua es un elemento vital para el ser humano, en los resguardos indígenas katío y embera chamí, debido a la complejidad topográfica el acceso a este recurso es escaso; además la ubicación remota en zonas de alta montaña con clasificación ZOMAC (Zonas Más Afectadas por el Conflicto) resalta en una carencia de infraestructura e institucionalidad que obliga a las comunidades a consumir agua de mala calidad y por ello a sufrir enfermedades de origen hídrico, además de problemas físicos debido a los grandes desplazamientos y la carga del líquido desde fuentes distantes.

Por esta razón, el presente trabajo propone el cálculo y diseño de una Unidad Comunitaria Sanitaria (UCOS) como alternativa de saneamiento para territorios de alta montaña, considerando el diseño arquitectónico, hidrosanitario y un sistema de tratamiento de aguas residuales una UCOS se plantea como una construcción modular palafítica, equipada con sanitarios, duchas, área de lavado de manos y áreas exteriores de circulación con bancas.

A continuación, tras la descripción de la problemática específica recopilando la escasa información disponible, se analizan casos similares en Colombia y el mundo; para luego abordar la parte técnica ingenieril (hidráulica y sanitaria) de la propuesta de UCOS, ajustada a las necesidades culturales de las comunidades indígenas de alta montaña.

Elementos técnicos para abastecimiento, redes hidrosanitarias, alternativas de potabilización y sistema de tratamiento de aguas residuales, para los que se elaboró un manual de funcionamiento, mantenimiento y reparación, tal que la propia comunidad pueda encargarse en el futuro de dichas labores.

2. PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

En Colombia existe un déficit en el de tratamiento de las aguas servidas provenientes de la población rural dispersa; baja cobertura que se da por debilidades en el esquema de prestación el servicio, por ausencia del mismo, indiferencia política de esta condición, Inadecuada disposición de aguas residuales que contamina las fuentes hídricas (superficiales y subterráneas) y el suelo, ocasionando efectos nocivos en la salud pública, lo que se refleja en el aumento de enfermedades en la población; además de generar consecuencias en el medio ambiente con ocurrencia de malos olores y aparición o proliferación de vectores sanitarios (Departamento Nacional de Planeación (2021).

Este es el caso de la comunidad indígena embera chamí adoptada al entorno tropical de alta montaña en Risaralda, Caldas y Antioquia; departamentos donde se concentran el 87,1% de su población (Romero and Muñoz, 2019). Asentamientos dispersos en regiones remotas de montaña, a importantes distancias de las cabeceras municipales, por lo que su aislamiento dificulta incluso la interconexión entre ellos; lo que representa múltiples obstáculos para la implementación de servicios básicos (p.ej. soluciones de agua y saneamiento), a lo que además se suman las concepciones de estos grupos sociales, diversas situaciones de orden público y la centralización de los recursos públicos nacionales y municipales.

Poblaciones conscientes que el agua que toman no cumple con los criterios mínimos de calidad; sin embargo, siguen consumiendo dicho líquido ya que no disponen de otra opción. A pesar de los esfuerzos multisectoriales, las políticas y acciones siguen siendo insuficientes para salvar vidas y prevenir enfermedades. Aunque se han logrado avances en algunos aspectos, aún es necesario mejorar el acceso al agua y al saneamiento básico para reducir los índices de enfermedades y pobreza, mejorando así la calidad de vida en las comunidades indígenas.

Por esta razón, con el presente trabajo se propone una alternativa de saneamiento adecuada a las necesidades culturales y las particulares condiciones topográficas de la región, la cual puede ser una solución integral para comunidades ubicadas en áreas de alta montaña como la embera chamí y embera gito dokabu. El enfoque abarca un diseño arquitectónico adaptado al entorno, un sistema hidrosanitario eficiente y un tratamiento de aguas residuales. La propuesta contempla estructuras equipadas con sanitarios, duchas, áreas de lavado de manos y espacios exteriores con bancas, diseñadas para fomentar la interacción social y mejorar la calidad de vida de los habitantes locales.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar unas Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) para los resguardos indígenas unificados *Embera chamí* y *Gitó dokabú* del departamento de Risaralda.

3.2 Objetivos específicos

- Consolidar la información sobre las comunidades indígenas en estudio, sus características, ubicaciones y composiciones.
- Realizar la propuesta de la Unidad Comunitaria Sanitaria (UCOS) que comprenda baterías sanitarias, áreas de ducha y áreas de circulación, diseños para su abastecimiento, redes hidrosanitario, alternativa para su potabilización y sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Generar un manual de funcionamiento, mantenimiento, reparación tal que la propia comunidad pueda hacerse cargo de dichas labores.

4. ANTECEDENTES

Diversas iniciativas a nivel mundial han abordado el problema del acceso a agua potable y saneamiento básico en comunidades rurales dispersas; en esta sección se describen algunas, llevadas a cabo en países como India, Kenia, Ghana, etc. como también algunas a nivel de Colombia.

4.1 Implementing Sanitation in Rural India: Lessons from the Sulabh Approach, Implementación del saneamiento en la India rural: Lecciones del enfoque Sulabh

Desarrollado por *Sulabh International Social Service Organisation*, se centra en mejorar las condiciones de saneamiento en áreas rurales de la India (Figura 1), enfocándose en la utilización de tecnologías innovadoras, accesibles, seguras y económicamente viables para abordar las necesidades de infraestructura sanitaria en comunidades que carecen de recursos. De esta iniciativa se resalta la participación comunitaria en la gestión y mantenimiento del sistema sanitario y la educación en prácticas de higiene, pues no solo busca mejorar las condiciones de vida de las comunidades rurales, sino también promover la sostenibilidad ambiental y el desarrollo socioeconómico a largo plazo (Pathak, 2011).



Figura 1. Implementación de saneamiento en la India rural
Fuente: *Sulabh International Organization*, 2024

4.2 LifeStraw Community, LifeStraw Comunidad

Desarrollado por *LifeStraw* una organización reconocida por sus tecnologías de filtración de agua desde 1994, se enfoca en proporcionar acceso a agua segura a comunidades rurales y remotas de Kenia. El proyecto tiene como objetivo principal reducir la incidencia de

enfermedades transmitidas por el agua mediante soluciones de filtración sostenibles y accesibles.

En la actualidad se han extendido a países como Ghana, Haití, Venezuela, Gaza, Ucrania, Sudan del sur, Turquía, Siria, Malawi, Marruecos e incluso Hawái. Según LifeStraw (2023) su componente tecnológico incluye el uso de *LifeStraw Community Filters* dispositivos de gran capacidad, capaces de filtrar grandes volúmenes de agua, eliminando bacterias, parásitos y virus. Estos filtros están diseñados para servir a hasta 100 personas por día; como también filtros para uso doméstico, proporcionando a las familias un método efectivo y portátil para obtener agua potable.



Figura 2. *LifeStraw Community Filters*
Entrenamiento de comunidades (A, B), Implementación del filtro en escuelas de Kenia (C)
Fuente: LifeStraw Report (2023)

Además, capacita a las comunidades entrenándolas en el uso y mantenimiento adecuado de los filtros y en prácticas de higiene y saneamiento (Figura 2); En términos de impacto, dicen haber logrado una significativa reducción en la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua, mejorando así la calidad de vida de las comunidades beneficiadas, además de aumentar la conciencia sobre la importancia del agua limpia y las prácticas de higiene, contribuyendo a mejoras sostenidas en las condiciones sanitarias.

4.3 Safe Water Network, Red de Agua Segura

Iniciativa fundada en 2006 por el fallecido actor y filántropo Paul Newman y un grupo de líderes, se centra en proporcionar acceso a agua segura en comunidades rurales y periurbanas de Ghana e India, debido a los entornos propicios en ambos países, incluida la apertura a la

inversión extranjera, una democracia y una sociedad civil estables y una base lingüística común.

El proyecto tiene sistemas descentralizados de suministro financieramente viables y administrados localmente, empleando tecnologías de filtración por membranas y desinfección con cloro, adaptadas a las condiciones locales para garantizar una operación continua y eficiente.

Desde su fundación, *Safe Water Network* (2022) dice: “ha trabajado para superar los desafíos que enfrentan las comunidades en economías en desarrollo con acceso restringido al agua potable. La investigación preliminar identificó brechas críticas en la prestación de servicios: operaciones poco confiables, insostenibilidad financiera, agua de mala calidad y acceso desigual. Nuestra idea original e innovadora fue devolver la autonomía a las comunidades a través del acceso al agua potable, la educación y el desarrollo de capacidades. Creemos profundamente en el potencial de las comunidades para gestionar de manera sostenible sus propios sistemas de agua potable” (Figura 3).



Figura 3. *Safe Water Network*
(A) Proyecto en Ghana (B) Proyecto en India
Fuente: *Safe Water Network*. USAID (2023), Abra et al., (2022)

4.4 Tierra grata

Proyecto fundado en abril de 2016 por jóvenes con experiencia en intervención social, cooperación internacional e investigación, con la creencia de que lo esencial es para todos y el propósito de acelerar la productividad y crecimiento económico de familias rurales mediante el acceso a servicios básicos; es una iniciativa centrada en la región Caribe con tres líneas de acción principales: energía, agua y saneamiento asequibles para poblaciones vulnerables que busca mejorar la calidad de vida de comunidades marginadas mediante tecnologías innovadoras (Tierra Grata, 2024).

La solución de agua llamado “Gota Grata” (Figura 4), consiste en un recipiente plástico de 20 litros diseñado para filtrar agua por goteo.

Este sistema puede procesar hasta 40 litros de agua por día, utilizando un filtro compuesto por capas de aserrín, plata coloidal y arcilla; método de filtración que asegura la eliminación de contaminantes y patógenos, proporcionando agua segura para el consumo diario de las comunidades. Mientras que la solución de saneamiento llamado “Higiene Grata” (Figura 5), consiste en un sanitario seco que divide líquidos y sólidos y emplea cal, aserrín y cenizas para neutralizar los olores y transformar la materia orgánica en abono, en algunos casos esta solución tiene el complemento de una ducha.



Figura 4. Soluciones de potabilización de agua instalados en (A) Sierra Nevada de Santa Marta. (B) La Guajira
Fuente: Colpas (2024)



Figura 5. Solución sanitaria de baños ecológicos
Baño ecológico (A). Baño ecológico instalado en La Guajira (B). Cangrejillo, C Villa Fátima
Fuente: (Tierra Grata, 2021).

El programa funciona por suscriptores a los servicios que ofrecen, a través de un crédito sin intereses con el cual adquieren las diferentes soluciones mediante pagos mensuales ajustados a sus ingresos; además, acompañan a los usuarios con un programa de intervención social que tiene por objetivo generar capacidades al interior de las comunidades. También, tienen unos “Guardianes” como comité gestor que se convierte en el equipo técnico encargado de

hacer seguimiento y reparación a las soluciones instaladas, garantizando la sostenibilidad en el largo plazo.

4.5 Comité Internacional de La Cruz Roja

En el 2021 el Comité Internacional de La Cruz Roja - CICR trabajó junto con líderes y unas 70 familias de las comunidades indígenas embera de peñas blancas y pichindé en Chocó, para construir soluciones de agua potable, una huerta comunitaria y aulas de clases. La intervención consistió en tanques de almacenamiento con una capacidad de hasta 10 mil litros, agua que se filtra y distribuye a la comunidad mediante motobombas alimentadas por paneles solares, asegurando una fuente de agua limpia y sostenible (Figura 6).



Figura 6. Torres de agua potable instaladas en la comunidad de Peñas Blancas, Chocó
Fuente: Jaramillo and CICR (2022)

Este enfoque no solo satisface las necesidades inmediatas de agua potable, sino que también incorpora energías renovables para garantizar la sostenibilidad del suministro y es un ejemplo de cómo la organización aborda las necesidades básicas en contextos de conflicto, proporcionando soluciones prácticas y sostenibles que mejoran significativamente la calidad de vida de las comunidades afectadas. (Jaramillo and CICR 2022).

4.6 Unidades sanitarias para vivienda rural dispersa

El proyecto de unidades sanitarias para vivienda rural dispersa del Departamento Nacional de Planeación (DNP) de Colombia busca mejorar las condiciones de saneamiento en áreas

rurales no inundables al reducir la disposición de aguas residuales sin tratar. Está diseñado para zonas con pendiente mínima del terreno del 2%, disponibilidad de agua de 45 litros por habitante al día y un máximo de 8 habitantes por vivienda.

Para el DNP cada unidad sanitaria incluye sanitario, ducha, lavamanos y lavadero, conectados a un sistema de tratamiento que incorpora trampa de grasas, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) y campo de infiltración. Este diseño (Figura 7) asegura el tratamiento adecuado de las aguas residuales antes de su liberación al medio ambiente, reduciendo la contaminación hídrica y del suelo, así como los riesgos para la salud pública



Figura 7. Unidades sanitarias para vivienda rural dispersa
Fuente: Departamento Nacional de Planeación – DNP (2020)

El proyecto es significativo porque aborda la falta de adecuada infraestructura de saneamiento como uno de los desafíos más críticos en las áreas rurales; al proporcionar estas unidades sanitarias, el DNP no solo mejora las condiciones de vida de las personas, sino que también promueve prácticas de higiene que son esenciales para prevenir enfermedades, además, empodera a las comunidades para mantener y gestionar sus recursos de manera autónoma y sostenible. Esto es esencial para cerrar la brecha entre las áreas urbanas y rurales, promoviendo un desarrollo más equilibrado y justo en todo el país. La implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales es crucial en este contexto, ya que garantiza que los desechos humanos no contaminen los recursos hídricos locales.

5. METODOLOGÍA

El trabajo se llevó a cabo en el municipio risaraldense de Pueblo Rico ($5^{\circ}13'21''N$ $76^{\circ}01'46''O$), específicamente en las cercanías a Santa Cecilia ($5^{\circ}34'04''N$, $76^{\circ}14'56''O$), en la cuenca del río San Juan, donde se encuentran los resguardos indígenas gitó dokabú y embera chamí (Figura 8) a una altitud media de 1.560 m.s.n.m. (IGAC, 2019)



Figura 8. Ubicación resguardos indígena departamento de Risaralda
Fuente: Ucros & Peláez (2019)

Sitio en el cual se realizaron visitas a las comunidades indígenas de Kemberdé, Mentuará y Paparidó los días 8 y 9 de julio de 2020 (Figuras 9 y 10) para contextualizar el entorno de alta montaña, conocer las condiciones de vida, la realidad de los asentamientos dispersos, la escasa infraestructura existente y las diversas problemáticas y necesidades, con el fin de generar una propuesta hidrosanitaria adaptada a la cultura local.

Pero debido a las condiciones de orden público en la región, no fue posible realizar nuevas visitas. No obstante, luego se logró un acercamiento con los líderes y autoridades de la comunidad, específicamente con Martín Siágama Rodríguez, quien guio el recorrido en 2020 y actualmente se desempeña como alcalde del municipio de Pueblo Rico (2024-2027), por lo que pudo visitarse de nuevo el municipio el 14 de febrero de 2024.



Figura 9. Comunidad Kemberdé
Fuente: propia



Figura 10. Comunidad Mentuará
Fuente: propia

En cuanto a las construcciones, predominan los tambos rectangulares, separados entre sí y erigidos sobre pilotes o estacas para protegerse tanto de las posibles ataques de animales. Estas estructuras están elaboradas con materiales autóctonos: guadua, esterilla y madera y están cubiertas con tejas de zinc. Cada tambo es ocupado por familias de 5 a 9 integrantes (Figura 11).



Figura 11. Vivienda típica de la comunidad indígena embera
Fuente: propia

En la visita realizada en febrero de se realizó una entrevista al alcalde Martína Siagama. Lo que llevó a enterder que en el resguardo unificado embera chamí el 89% de las comunidades enfrenta desabastecimiento de agua, mientras que en el resguardo unificado embera katío el 69% de las comunidades carece de acceso al líquido. En cuanto al saneamiento básico, ninguna de las 51 comunidades indígenas del municipio dispone de este servicio (Tabla 1).

Tabla 1. Acceso a saneamiento básico en las comunidades indígenas Pueblo Rico
Fuente: Propia - Entrevista al alcalde de Pueblo Rico (2024)

Resguardo Indígena	Acceso Agua Potable	Acceso Saneamiento
embera chamí	11%	0%
gitó dokabú embera katío	31%	0%

En cuanto a la población de los resguardos indígenas, el Ministerio del Interior y la Empresa Aguas y Aseo de Risaralda S.A. E.S.P. realizaron en 2023 un censo donde la población total es de 9290 habitantes en 51 comunidades, conformadas por 2140 familias (Tabla 2).

Tabla 2. Censo en los resguardos indígenas Embera chamí y Gitó dokabú de Risaralda
Fuente: Ministerio del Interior y Aguas y Aseo de Risaralda (2023)

Resguardo indígena	No. Comunidades	No. Familias	Hab/Vivienda	Población
embera chamí	35	1584	4,7	6504
gitó dokabú embera katío	16	556	5,1	2786
Total	51	2140	4,9	9290

5.1 Propuesta de Unidad Comunitaria Sanitaria - UCOS

Las Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) son un diseño estándar con sanitarios, duchas, área de lavado de manos y espacios de circulación con bancos exteriores; además, incluye un sistema de abastecimiento de agua y un sistema de tratamiento de aguas residuales (Departamento Nacional de Planeación, 2020), diseñadas como unidades modulares palafíticas, y en estas no solo atienden las necesidades básicas de saneamiento hídrico, sino que buscan alinearse con la cultura y el estilo de vida de la comunidad indígena embera chamí ya que son una intervención esencial en el contexto de los resguardos (Figura 12).



Figura 12. Propuesta Unidad Comunitaria Sanitaria (UCOS)
A (vista frontal), B (vista planta alta), C (vista perpendicular), D (superior)
Fuente: Lopera, (2020)

Es así, que se busca dar una solución integral que aborda las necesidades de saneamiento hídrico y promover la salud pública en los resguardos indígenas, reforzando la cohesión social, respetando las particularidades culturales de la comunidad.

Enfoque dual, técnico y social, esencial para el éxito y sostenibilidad del proyecto, asegurando que las mejoras en la infraestructura de saneamiento se traduzcan en beneficios tangibles y duraderos para la comunidad.

La UCOS tienen un área de 50.38 m², equipada con cinco unidades sanitarias, cinco duchas, un área de lavado de manos y zonas de circulación con bancas exteriores, es un reflejo de un enfoque holístico que busca mejorar tanto la salud pública como el bienestar social de estas comunidades (Figura 13).

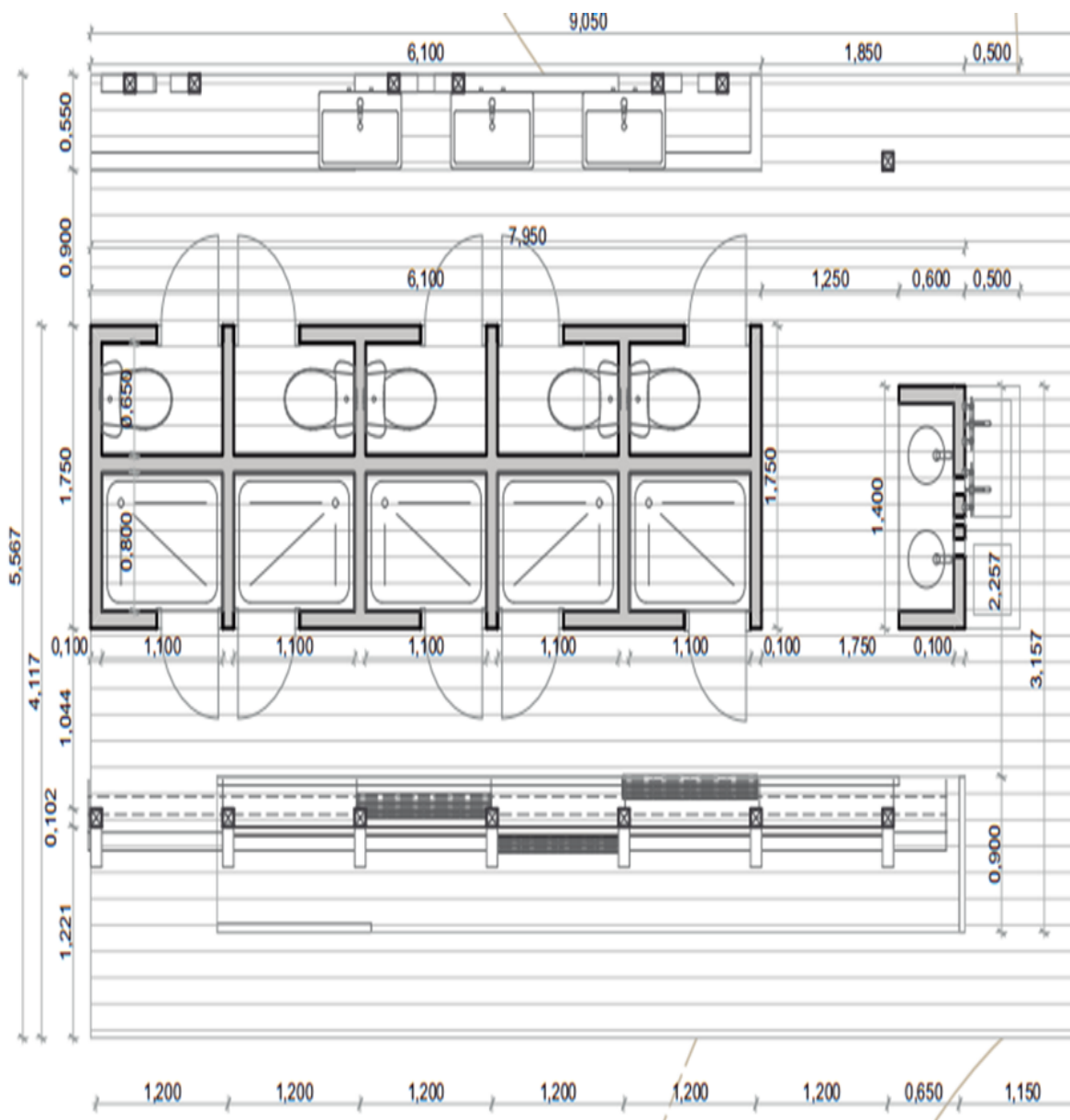


Figura 13. Planos de diseño de las Unidades Comunitarias Sanitarias UCOS
Fuente: Lopera (2020)

Con estas dimensiones cada UCOS está diseñada para atender hasta 125 personas, por lo que en caso de que una comunidad supere dicho número deberá implantarse el número de UCOS que necesarias (Tabla 3); así, tanto las comunidades Kemberdé (183 hab) y Mentuará (177 hab) requieren de dos unidades (Figuras 14 y 15).

Tabla 3. Número de UCOS a implantar según el rango de habitantes

Fuente: propia

Rango de habitantes	De 1>125	126>250	251>375	376>500
No. de UCOS a implantar	1	2	3	4



Figura 14. Propuesta de implantación de las UCOS para la comunidad Kemberdé

Fuente: propia



Figura 15. Propuesta de implantación de las UCOS para la comunidad Mentuará

Fuente: propia

Las condiciones para una adecuada implantación dentro del territorio fueron las siguientes

1. Zona no inundable
2. Disponibilidad de servicio de agua (mín 45 litros/ habitante día).

El diseño palafítico de la UCOS con una duración para 25 años responde a las características geográficas y climáticas de los asentamientos embera chamí, construcción elevada que se adapta a terrenos inundables, prevención de ataques de animales y facilidad de circulación de aire, reduciendo riesgos de humedad. La elección de una estructura ligera no solo facilita el transporte y montaje en áreas de difícil acceso, sino que también asegura durabilidad y resistencia ante condiciones ambientales adversas. Diseño en el cual se involucró a los líderes comunitarios y la comunidad para que su uso sea culturalmente aceptable y se genere apropiación del proyecto, lo que a su vez facilita su mantenimiento y correcto uso.

5.2 Definiciones básicas

Este apartado define conceptos clave en agua potable, saneamiento y sistemas hidráulicos, asegurando precisión técnica y cumplimiento normativo. Estas definiciones facilitan el diseño e implementación de infraestructuras hídricas, garantizando calidad, seguridad y eficiencia en la prestación del servicio.

Agua potable: líquido apto para el consumo humano, libre de impurezas o en cantidades insuficientes para ser nocivas a la salud, cuya calidad tanto química como bacteriológica se ajusta a los requisitos del decreto 1575 de 2007 u otras normas que lo modifiquen, adición total o parcialmente (ICONTEC. 2017).

Agua segura: líquido adecuado para consumo humano; cumple estándares establecidos para proteger la salud, aunque no cumpla con todos los parámetros del agua potable. Corresponde a un agua sometida a tratamientos para garantizar que sea segura para consumo humano y no represente riesgo para la salud (Ministerio de Salud y Protección Social, 2018).

Aguas residuales o servidas: líquidos con materia fecal o productos químicos en solución (ICONTEC, 2017).

Capacidad de la fuente superficial: es el caudal correspondiente al 95% de tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales diarios, superior al caudal máximo diario

(QMD) más el caudal ecológico. Si una fuente es insuficiente para cumplir el requisito anterior durante algunas épocas del año, deben plantearse soluciones complementarias, como nuevas fuentes o regulación; en el caso de nuevas fuentes, el QMD será la sumatoria de las fuentes disponibles, preservando el caudal ecológico de cada una; en caso extremo, se deberá disminuir los requerimientos de la dotación (Resolución 0330 de 2017 en su Artículo 49).

Captación de agua superficial: Toma de agua cuya capacidad debe ser igual al caudal máximo diario sumando las pérdidas en la aducción y las necesidades de la planta. Toda captación debe tener rejillas con ancho igual al de la estructura de captación, inclinadas entre 10% y 20%, separación entre barrotes entre 75 mm y 150 mm y velocidad de flujo debe ser inferior a 0.15 m/s (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), 2010).

Caudal medio diario (Qmd): es el calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada, corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año (MVCT, 2010).

Caudal máximo diario (QMD): según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2010) corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un año.

Caudal máximo horario (QMH): corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendios (MVCT, 2010).

Caudal máximo posible: es el considerado para el funcionamiento del aparato sanitario y es acumulativo, de acuerdo con la distribución de los tramos (ICONTEC, 2017).

Caudal máximo probable: resultante de multiplicar el caudal máximo posible por el factor de simultaneidad (ICONTEC, 2017).

Demanda: corresponde a la cantidad de agua que la población requiere para sus actividades diarias, el método de evaluación de este valor se realiza a través del caudal medio diario, caudal máximo diario y caudal máximo horario.

Diámetro efectivo: según la clase de tubería, es el diámetro interno real, resulta de la diferencia entre el diámetro exterior y el espesor de las paredes de la tubería. Esta información la suministran los fabricantes de la tubería (ICONTEC 2017).

Diámetro nominal: es el obtenido de aproximar a un diámetro comercial, se emplea de acuerdo con el criterio del diseñador y sin exceder los parámetros de velocidad establecidos por la norma (ICONTEC 2017).

Estación de tratamiento de agua potable (PTAP): instalación física de pequeña escala y capacidad concebida para tratar el agua cruda y convertirla en agua potable (Res 0330, 2017).

Diseño de un sistema de distribución de agua: plan para construir y explotar un sistema que suministre agua potable a una comunidad, incluye disposición de tuberías, bombas y otras infraestructuras necesarias para transportar el agua desde la fuente a la planta de tratamiento y a los clientes finales. El diseño incluye factores como estimación de la demanda de agua, selección de tuberías y materiales adecuados y construcción de sistemas de bombeo y almacenamiento. El diseño también debe contener disposiciones para futuras ampliaciones y mejoras del sistema (Dombor, 2024).

Factor de simultaneidad: aplicación de un coeficiente que evalúa la coincidencia de funcionamiento de los aparatos sanitarios, para aplicarlo se deben conocer los valores de caudal de cada aparato sanitario. Para un tramo de red que alimenta un cierto número de aparatos sanitarios el caudal máximo posible será la suma de los caudales demandados por los aparatos al suponer que funcionan simultáneamente (Rodríguez, 2005).

Filtro por goteo de arcilla: recipiente cerámico en el que mediante plata coloidal, carbón activado y arcilla se remueven suciedad, microorganismos y elementos nocivos para la salud (Aqualogic, 2022).

Instalaciones hidráulicas y sanitarias: conjunto de tuberías, aparatos y accesorios utilizados al interior de cualquier estructura que requiera sistemas de suministro de agua, desagüe, ventilación y manejo aguas lluvias (ICONTEC, 2017).

Pérdidas técnicas máximas: según la Resolución 0330 de 2017, artículo 44 y párrafo, el porcentaje total de pérdidas esperadas en todos los componentes del sistema, así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, no deberá superar el 25%.

Periodo de diseño: según la Resolución 0330 de 2017, artículo 40, para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se debe adoptar como periodo de diseño 25 años.

Sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR): instalación de tamaño pequeño prevista para la depuración de aguas residuales, suele constar de trampa de grasas, tanque séptico, filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA) y campo de infiltración; solución sencilla que con buen diseño y funcionamiento, mejora la calidad de vida, condiciones ambientales y de salud de las comunidades rurales que por su dispersión y costos, no tienen posibilidad de tener un sistema de alcantarillado (Res 033, 2017).

Pérdida por fricción: aquellas debidas al rozamiento del fluido con las paredes de las tuberías, son continuas en la dirección del flujo y pueden resultar considerables en tramos largos y ser pocas en tramos cortos. Se expresa mediante la ecuación de Darcy-Weisbach la cual, en función de la pérdida de energía directamente proporcional a la longitud de la tubería y a la velocidad, e inversamente proporcional al diámetro de la tubería. La proporcionalidad se establece mediante un coeficiente f denominado coeficiente de fricción, a su vez función de la rugosidad de la tubería y las características del flujo a presión establecido con el número de Reynolds (Rodríguez, 2005).

Sistema de tratamiento de agua: conjunto de procesos y tecnologías utilizadas para tratar el agua cruda y hacerla apta para el consumo humano, no necesariamente concentrados en una única instalación física, sino posiblemente con una combinación de unidades de distribuidas en diferentes ubicaciones: estaciones de bombeo, tanques de almacenamiento, unidades de desinfección, entre otros. Los sistemas de tratamiento de agua pueden ser más flexibles y adaptarse a diferentes condiciones y requerimientos de suministro de agua en áreas urbanas, rurales o de difícil acceso (Res 033, 2017).

Tramo: hace referencia a la dirección en la cual se encuentran ubicados los aparatos sanitarios según su secuencia (ICONTEC, 2017).

Unidades sanitarias para vivienda rural dispersa: conformadas por un sanitario, una ducha, un lavamanos y un lavadero, como unidades sanitarias individuales, contarán con sus respectivas cajas de inspección, pozo séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y campo de infiltración (Departamento Nacional de Planeación, 2020).

Velocidad mínima y máxima: de acuerdo con la norma NTC 1500 (2017), el valor mínimo es de 0.5 m/s y el máximo de diseño será de 2 m/s.

5.3. Cálculos de la dotación y la demanda de agua

Trabajando con los lineamientos definidos en la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT) como es el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000 y 2010) y el Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias (NTC 1500), se tiene:

5.3.1 Dotación neta máxima de agua potable

La dotación neta se determina haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por la persona o entidad prestadora del servicio de acueducto y/o recopilada en el Sistema único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes (DNP 2021); Aun así, según la Resolución 0330 de 2017 en su artículo 43 se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Dotación neta máxima por habitante de la zona atendida
Fuente: Resolución 0330 de 2017 art. 43.

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima /l/hab*día)
> 2000 m.s.n.m.	120
1000-2000 m.s.n.m.	130
< 1000 m.s.n.m.	140

Teniendo presente la altitud media del área de estudio (1560 m.s.n.m.) y el tamaño de las comunidades Kemberdé y Mentuará, la dotación neta máxima sería de 130 L/hab*día

5.3.2 Dotación neta mínima para comunidades rurales

Según lo determina el Parágrafo Art 43 de la Resolución 0330 del 2017, para efectos de realizar la equivalencia entre suscriptor y la dotación neta, se tendrá en cuenta el promedio de habitantes por vivienda determinado en el censo DANE inmediatamente anterior para la población objetivo, urbana o rural.

De acuerdo con los proyectos definidos por el Departamento de Planeación Nacional se establece dotación neta para comunidades rurales de 45 litros/hab día con máximo hasta 8 habitantes por vivienda beneficiados con la unidad (DNP 2021).

5.3.3 Cálculo de la demanda de agua

Según el procedimiento establecido en 2010 por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, para la evaluación de la población objeto del diseño [...] de un sistema de acueducto, se debe determinar la capacidad real que debe tener todo el sistema a lo largo de un período de diseño determinado. para garantizar un suministro adecuado y continuo durante todo el período de operación del acueducto.

5.3.3.1. Métodos de cálculo de la proyección poblacional

Para llevar a cabo la proyección de la población objeto del diseño, se deben tener en cuenta las proyecciones del DANE hasta el año en que éstas se encuentren disponibles. El último dato de población disponible en el DANE se debe tomar como un último censo en el proceso de proyección de la población. El método de cálculo para la proyección de la población depende del nivel de complejidad del sistema según se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Métodos de cálculo para la proyección de la población
Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), 2010.

Método por emplear	Nivel de Complejidad del Sistema			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método gráfico	X	X		

Se calculará la población utilizando cualquiera de los siguientes modelos matemáticos: aritmético, geométrico y exponencial, seleccionando el modelo que mejor se ajuste al comportamiento histórico de la población. Los datos de población deben estar ajustados con la población flotante y la población migratoria. En caso de falta de datos se recomienda la revisión de los datos de la proyección con los disponibles en poblaciones cercanas que tengan un comportamiento similar al de la población en estudio (MVCT, 2010).

- **Método aritmético**

Supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \cdot (T_f - T_{uc}) \quad (E1)$$

Donde:

Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tci = Año correspondiente al censo inicial con información.

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

- **Método geométrico**

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc} \cdot (1 + r)^{T_f - T_{uc}} \quad (E2)$$

Donde:

r = Tasa de crecimiento anual en forma decimal.

Pf = Población correspondiente al año para el que se quiere realizar la proyección (habitantes).

Puc = Población correspondiente a la proyección del DANE (habitantes).

Pci = Población correspondiente al censo inicial con información (habitantes).

Tuc = Año correspondiente al último año proyectado por el DANE.

Tf = Año al cual se quiere proyectar la información.

La tasa de crecimiento anual (r) se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1 \quad (E3)$$

- **Método exponencial**

Requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y posean abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente

$$P_f = P_{ci} \cdot e^{k(T_f - T_{ci})} \quad (E4)$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

$$k = \frac{\ln P_{cp} - \ln P_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \quad (E5)$$

Donde:

Pcp = Población del censo posterior (proyección del DANE).

Pca = Población del censo anterior (habitantes).

Tcp = Año correspondiente al censo posterior.

Tca = Año correspondiente al censo anterior.

Ln = Logaritmo natural o neperiano.

5.3.3.2 Cálculos para la dotación bruta

En concordancia con el Artículo 44 de la Resolución 0333 del 2017, la dotación bruta para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular conforme a la siguiente ecuación:

$$d_{bruta} = \frac{d_{neta}}{(1 - \%p)} \quad (E6)$$

Donde,

d_{bruta} = Dotación bruta

d_{neta} = Dotación neta

%p = Porcentaje de pérdidas técnicas máximas para diseño.

5.3.3.3. Cálculos de la demanda de agua por población

Siguiendo la metodología del MVCT para proyectar la demanda de agua en un municipio o en parte de éste, se debe contar con datos de demanda de los últimos 10 años con una frecuencia bimestral, con esta información se debe hacer un análisis estadístico detallado con el fin de encontrar la curva que mejor ajuste el crecimiento de la demanda de agua en ese período.

Una vez realizado el análisis, se debe proyectar la demanda de agua, siguiendo la misma curva, hasta el último año del período de diseño.

En este caso, adicionalmente, es necesario cotejar dicha proyección de la demanda de agua con la demanda de agua requerida para la población de saturación, de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial, para el municipio o la zona del municipio objeto del diseño.

- **Caudal medio diario (Qmd)**

Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y se calcula mediante la ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \cdot d_{bruta}}{86400} \quad (E7)$$

Donde,

p = representa el número de habitantes proyectado

d_{bruta} = la dotación bruta, la cual debe estar dada en L/hab x día (ver E6).

- **Caudal máximo diario (QMD)**

Corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año y se calcula mediante la ecuación:

$$QMD = Q_{md} \times k_1 \quad (E8)$$

Donde,

QMD = caudal máximo diario

Qmd = caudal medio diario

k₁ = coeficiente de consumo máximo diario

- **Caudal máximo horario (QMH)**

Corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio y se obtiene mediante la ecuación:

$$QMH = QMD \times k_2 \quad (E9)$$

Donde,

k_2 = coeficiente de consumo máximo horario

- **Coeficiente de consumo k_1 y k_2**

En el Artículo 47, Parágrafo 2 de la Resolución 3030 de 2017, se establecen los coeficientes de poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor k_1 será superior a 1.3 ni el factor k_2 superior a 1.6. Para poblaciones mayores de 12.500 habitantes, al periodo de diseño, en ningún caso el factor k_1 será superior a 1.2 ni el factor k_2 superior a 1.5 (Tabla 6).

Tabla 6. Coeficiente de consumo máximo diario, k_1 y k_2
Fuente: Resolución 3030 de 2017

Población (Hab)	k_1	k_2
≤ 12.500	≤ 1.3	≤ 1.6
≥ 12.500	≤ 1.2	≤ 1.5

Estas normas no se ajustan a las condiciones de las comunidades indígenas rurales dispersas, aisladas y con escasez de recursos como son los de la comunidad indígena embera, ya que no hay “información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores” pues nunca han contado con el servicio, por lo que tampoco hay registros en la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Departamento de Planeación Nacional o DANE. No obstante, la dotación neta máxima es de 130 L/hab*día según la altura sobre el nivel del mar es adecuada donde el suministro de agua no tenga dificultades significativas; sin embargo, en otros asentamientos puede que las fuentes locales no alcancen a proporcionar los caudales necesarios para cumplir con las dotaciones calculadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Cálculo de caudales para los rangos de población funcionales de las UCOS
Fuente: propia

Rango de hab por No. UCOS	1>125	126>250	251>375	376>500
Dotación neta (L/hab día)	130	130	130	130
Dotación bruta (L/hab día)	173,33	173,33	173,33	173,33
Proyección población hab	125	250	375	500
Qmd (Lps)	0,25	0,50	0,75	1,00

QMD (Lps)	0,33	0,65	0,98	1,30
Hab/vivienda por persona	5	5	5	5
QMH (Lps)	0,52	1,04	1,56	2,09

Durante la visita in situ a la zona de estudio, se observó que una de las comunidades dispone de un tanque con una capacidad de 2500 litros, el cual se llena en aproximadamente 6 horas, permitiendo realizar 4 ciclos de llenado por día, lo que resulta en un total de 10,000 litros en 24 horas. Esto equivale a una tasa de 416.67 litros por hora (L/hr).

Así, en la comunidad Mentuará se dispone de una dotación bruta de aproximadamente 66.67 L/hab día, valor cercano al registrado por el (DNP, 2021) de dotación neta para comunidades rurales de 45 L/hab/día, con un máximo de 8 habitantes por vivienda. Por lo que se tomó en cuenta esta medida y considerando las pérdidas, que por normativa corresponden al 25% de la dotación, se obtuvo la dotación bruta total de 60 L/hab/día (Tabla 8).

Tabla 8. Cálculo de caudales en las UCOS - rangos de población.

Fuente: propia

Población (hab)	Dotación neta (L/hab/día)	Pérdidas	Dotación bruta (L/hab día)	Qmd (Lps)	QMD (Lps)	QMH (Lps)
250	45	0.25	60	0.174	0.226	0.278
375	45	0.25	60	0.260	0.339	0.417
500	45	0.25	60	0.347	0.451	0.556

5.4 Diseño de la captación de agua superficial para la UCOS

Para la captación de agua de un manantial, en ausencia de normas colombianas se consideraron los parámetros de la Norma Técnica Peruana y (Agüero, 2003) estos dicen que “es necesario conocer el caudal máximo de la fuente, de modo que el diámetro de los orificios de entrada a la cámara húmeda sea suficiente para captar el caudal o gasto, y conociendo este se puede diseñar la distancia entre el afloramiento y la cámara, el ancho de la pantalla, el área del orificio y la altura de la cámara húmeda sobre la base de una entrada de velocidad no muy alta (se recomienda $\leq 0,6$ m/s)” (p.61) (p.10).

5.4.1 Determinación del ancho pantalla

Para dimensionar, es necesario calcular el diámetro y el número de orificios que darán paso al agua desde la zona de afloramiento hacia la cámara húmeda (Figura 16).

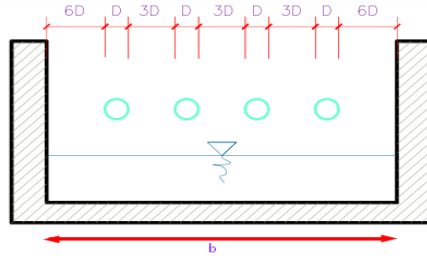


Figura 16. Determinación de ancho de la pantalla

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento de Perú - MVCS (2018)

Empleando para ello las siguientes ecuaciones:

$$Q_{max} = V_2 \times Cd \times A \quad (E10)$$

$$A = \frac{Q_{max}}{V_2 \times Cd} \quad (E11)$$

Donde,

Q_{max} = Gasto máximo de la fuente (l/s).

A = Área requerida para descarga (m²).

Cd = Coeficiente de descarga (valores entre 0.6 a 0.8)

V_2 = Velocidad de paso (el valor máximo es 0.60 m/s, en la entrada a la tubería)

5.4.2 Cálculo de la velocidad de paso teórica

La cual se determina por la expresión

$$V_{2T} = Cd \times \sqrt{2gH} \quad (E12)$$

Donde,

V_{2T} = Velocidad de paso teórica

Cd = Coeficiente de descarga (valores entre 0.6 a 0.8)

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)

H = Carga sobre el centro del orificio (valor entre 0.40 m a 0.50 m)

Por otro lado,

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (E13)$$

Donde,

D = Diámetro de la tubería de ingreso (m)

A = Área requerida para descarga (m²).

5.4.3 Cálculo del número de orificios en la pantalla

La cual se determina por la expresión

$$N_{\text{orif}} = \frac{\text{área del diámetro calculado}}{\text{área del diámetro asumido}} + 1 \quad (\text{E14})$$

$$N_{\text{orif}} = \left[\frac{D_c}{D_a} \right]^2 + 1 \quad (\text{E15})$$

Donde,

N_{orif} = número de orificios en la pantalla

D_c = diámetro calculado

D_a = diámetro asumido

Para el cálculo del ancho de la pantalla, se asume que para una buena distribución del agua los orificios se deben ubicar como se muestra en la Figura 16.

Conocido el número de orificios y el diámetro de la tubería de entrada se calcula el ancho de la pantalla (b), mediante la siguiente ecuación

$$b = 2 \times (6 D) + N_{\text{orif}} \times D + 3D \times (N_{\text{orifi}} - 1) \quad (\text{E16})$$

Donde,

D = Diámetro de la tubería de ingreso (m)

N_{orif} = número de orificios en la pantalla

5.4.4 Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda

Teniendo en cuenta que la pérdida por carga en el orificio es

$$h_o = 1,56 \frac{(V^2)}{2g} \quad (\text{E17})$$

Donde,

h_o = pérdida por carga del orificio

V_2 = Velocidad de paso (el valor máximo es 0.60 m/s, en la entrada a la tubería).

g = Aceleración de la gravedad (9.81 m/seg²)

Conociendo que la altura del aforamiento está dada por

$$H_f = H - h_o \quad (E18)$$

Donde,

H = Carga sobre el centro del orificio (m).

h_o = Pérdida de carga en el orificio (m).

H_f = Pérdida de carga afloramiento en la captación (m)

Determinando la distancia entre el afloramiento y la captación con la ecuación

$$L = \frac{H_f}{0,3} \quad (E19)$$

Donde,

L = Distancia afloramiento – captación (m).

5.4.5 Altura de la cámara húmeda

En base a los elementos identificados de la Figura 17, la altura total de la cámara húmeda se calcula mediante la siguiente ecuación

$$H_t = A + B + H + D + E \quad (E20)$$

Donde,

A = Se considera una altura mínima de 10 cm. Que permite la sedimentación de la arena.

B = Se considera el diámetro de salida.

H = Altura de agua sobre la canastilla.

D = Desnivel mínimo entre el nivel de ingreso del agua del afloramiento y el nivel de agua de la cámara húmeda (mínimo 5 cm.).

E = Borde libre (mínimo 30 cm).

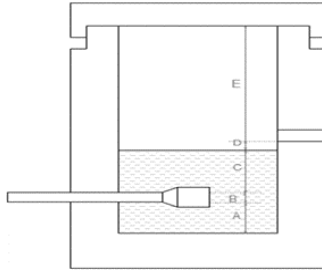


Figura 17. Altura de la cámara húmeda

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento de Perú - MVCS (2018)

5.4.6 Dimensionamiento de la canastilla

Para el dimensionamiento se considera que:

- el diámetro de la canastilla (D_a) debe ser dos veces el diámetro de la tubería de salida a la línea de conducción (D_c) (Figura 18);
- que el área total de ranuras (A_t) sea el doble del área de la tubería de la línea de conducción;
- que la longitud de la canastilla (L_a) sea mayor a 3 D_c y menor de 6 D_c .

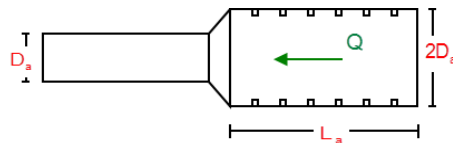


Figura 18. Dimensionamiento de canastilla

Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento de Perú - MVCS (2018)

5.4.7 Área total de las ranuras (A_{TOTAL})

Para el cálculo del A_{TOTAL} se determina mediante las ecuaciones

$$A_{TOTAL} = 2A \quad (E21)$$

$$A_c = \frac{\pi D_c^2}{4} \quad (E22)$$

Donde,

A_c = Área de cada ranura

D_c = Diámetro línea de conducción

Conocidos los valores del área total de ranuras y el área de cada ranura se determina el número de ranuras:

$$No. ranuras = \frac{\text{Área total de ranura}}{\text{Área de ranura}} \quad (E23)$$

5.4.8 Cálculo de rebose y limpia

La tubería de rebose y limpia tienen el mismo diámetro además se recomienda pendientes de 1 a 1,5%, y se calculan por medio de la siguiente expresión

$$D_r = \frac{0,71 \times Q^{0,38}}{h_f^{0,21}} \quad (E24)$$

Donde,

D_r = diámetro de la tubería de rebose (pulg)

H_f = pérdida de carga unitaria en (m/m)

Q = Gasto máximo de la fuente en lps

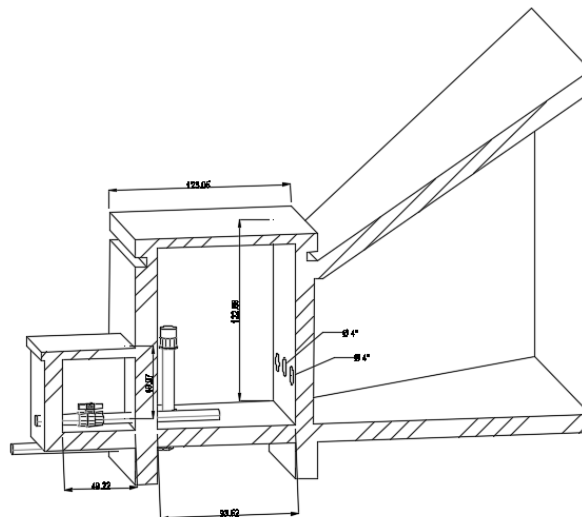


Figura 19. Estructura de captación propuesta
Fuente: propia

Las dimensiones asignadas para los rangos de población de 125 y 250 habitantes son idénticas, como también se da la población de 375 a 500 habitantes (Tabla 9) por lo que se consideran dos variantes de diseño para las estructuras de captación.

Tabla 9. Diseño estructuras de captación - rangos de población de las UCOS

Fuente: propia

Captación				
Población (hab)	125	250	375	500
Resumen de cálculos de la captación del manantial.				
Gasto máximo de la fuente (l/s)	1,80	1,80	1,80	1,80
Gasto mínimo de la fuente (l/s)	1,50	1,50	1,50	1,50
Gasto máximo diario (l/s)	0,14	0,28	0,42	0,56
1) Determinación del ancho de la pantalla				
Diámetro tubería ingreso (orificios) (pulg)	2	2	2	2
Número de orificios	3	3	4	4
Ancho de la pantalla (m)	1,1	1,1	1,3	1,3
2) Cálculo de la distancia entre el punto de afloramiento y la cámara húmeda.				
L (m)	1,24	1,24	1,24	1,24
3) Altura de la cámara húmeda				
Ht (m)	1,00	1,00	1,00	1,00
Tubería de salida (pulg)	1,00	1,00	1,00	1,00
4) Dimensionamiento de la canastilla				
Diámetro de la canastilla (pulg)	2	2	2	2
Longitud de la canastilla (cm)	15	15	15	15
Número de ranuras	115	115	115	115
5) Cálculo de rebose y limpia				
Tubería de rebose (pulg)	2	2	2	2
Tubería de limpieza (pulg)	2	2	2	2

5.4.9 Cálculo del volumen de almacenamiento necesario

Sin considerar curvas de consumo que en este caso no existen, la Resolución 0330 de 2017 establece que la capacidad de regulación del reservorio debe ser del 25% al 30% del volumen del consumo promedio diario anual (Qmd), así en la Tabla 10 se observa el cálculo de la capacidad y el dimensionamiento del reservorio.

Tabla 10. Estimación capacidad del reservorio - rangos de población de las UCOS

Fuente: propia

Población (Hab)	Dotación neta (L/Hab/Día)	Qm (L)	Volumen considerado el 30% de Qm	No. de tanques requeridos (Capacidad de 2500 L)
125	60	7500	2250	1
250	60	15000	4500	2
375	60	22500	6750	3
500	60	30000	9000	4

Tanques que deben proporcionar una presión de servicio mínima de 16,5 metros de columna de agua (m.c.a.) por lo que deben ser elevados por lo menos a dicha altura.

5.5 Diseño del sistema hidrosanitario de la UCOS

Empleando los métodos descritos en Rodríguez (2005), se tiene:

5.5.1 Ecuación de energía

La energía total E_T de un fluido incompresible en movimiento puede representarse por la suma de las energías potencial, cinética y de presión, está expresada en unidades de longitud (m) y se determina de la siguiente forma (E25)

$$E_T = E_{\text{POTENCIAL}} + E_{\text{PRESIÓN}} + E_{\text{CINÉTICA}} \quad (\text{E25})$$

Por otra parte, de acuerdo con la ecuación de Bernoulli se establece que esta energía total en un punto es constante para un flujo permanente, (E26)

$$E_T = z + \frac{v^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} = cte \quad (\text{E26})$$

Donde,

z = altura de la partícula medida con respecto a un nivel de referencia arbitrario

$v^2/2g$ = altura de velocidad

P/γ = valor de la presión

Del planteamiento de la ecuación de energía para un tubo de corriente de un fluido real incompresible que se mueve entre dos puntos de un sistema se obtiene, sabiendo que se desarrollan pérdidas de energía (E27)

$$E_{T1} = E_{T2} + \sum_{\text{pérdidas}} \quad (\text{E27})$$

Donde:

E_{T1} = energía total disponible en el punto inicial

E_{T2} = energía total disponible en el punto final

$\Sigma_{\text{pérdidas}}$ = Sumatoria de las pérdidas de energía producidas por fricción y localizadas entre los puntos inicial y final del planteamiento de la ecuación de energía.

Por lo tanto:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} \Sigma_{p\acute{e}rdidas\ 1-2} \quad (E28)$$

Donde,

Z = altura con respecto a un nivel de referencia

V= velocidad media en la secci3n transversal

P/γ = presi3n en el eje del tubo

α = coeficiente de correlaci3n de energ3a cin3tica (al considerar distribuciones uniformes de velocidad en un flujo turbulento α =1

Σp3rdidas = sumatoria de las p3rdidas de energ3a producidas por fricci3n y localizadas

- **C3lculo de p3rdidas por fricci3n (hf)**

Se expresa mediante la ecuaci3n de Darcy-Weisbach (E29)

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \rightarrow \quad h = 0,0826 \cdot f \cdot \left(\frac{Q^2}{D^5} \right) \cdot L \quad (E29)$$

Esta 3ltima se encuentra en funci3n del caudal

Donde,

hf = p3rdidas por fricci3n en m

f= coeficiente de fricci3n del tramo (adimensional)

L = longitud del tramo (m)

D = di3metro interno de la tuber3a (m)

V = Velocidad media (m/s)

g = aceleraci3n de la gravedad (9,81 m/s²)

Para el c3lculo de f se utiliza la f3rmula de Colebrook-White (E30)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \times \log_{10} \left(\frac{\epsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{f}} \right) \quad (E30)$$

Donde,

f= coeficiente de fricci3n del tramo (adimensional)

Re = N3mero de Reynolds

ε = Rugosidad absoluta (m)

Ésta considera todas las regiones de flujo con números de Reynolds mayores de 4.000 ($NR > 4.000$), que son los que se trabajan en este tipo de diseños hidráulicos. Esta ecuación tiene el inconveniente de que para calcular f es necesario desarrollar un pequeño proceso iterativo, el cual no presenta ninguna dificultad teniendo en cuenta la disponibilidad y facilidad de los equipos de cálculo.

Para propósitos de diseño de instalaciones hidráulicas en edificaciones es prácticamente imposible utilizar flujos laminares ($NR < 2.300$), Lo anterior significa que en el diseño de instalaciones hidráulicas en edificaciones las pérdidas de energía se determinan para flujos con número de Reynolds superiores a 2.300, con lo cual es posible utilizar únicamente la ecuación de Colebrook-White para la estimación del coeficiente de fricción f .

Si se considera que la tubería de PVC es lisa, $e = 0$, utilizada en la actualidad en la construcción de instalaciones hidráulicas, la fórmula de Colebrook-White queda expresada de la siguiente manera:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (E31)$$

La ecuación anterior sigue teniendo el problema de no dar una solución directa para el valor de f . Sin embargo, Rodríguez (2005) realizó un ajuste y ha obtenido una ecuación explícita mediante un ajuste a una ecuación potencial ($R = 0,997$), quedando expresado el coeficiente de fricción de la siguiente manera:

$$f = 0,2131(NR)^{-0,2104} \quad (E32)$$

Donde,
 $NR < 2.300$

La expresión anterior se puede incorporar a la ecuación de Darcy-Weisbach y permite obtener una expresión directa para el cálculo de las pérdidas de energía debidas a la fricción.

Como se trata de instalaciones hidráulicas se puede tomar $\mu = 1.141E-06$ m²/s como valor de la viscosidad cinemática para una temperatura media de 15 °C, con lo cual:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \qquad h_f = 0,2131(NR)^{-0,2104} \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \qquad (E33)$$

$$h_f = 0.1066 \times \frac{V^{1.79} \times \nu^{0.21}}{D^{1.21} \times g} \times L \qquad (E34)$$

Donde,

V = velocidad media del flujo (m/s).

ν = viscosidad cinemática del fluido según T° (m²/s).

D = diámetro de la tubería (m).

g = aceleración de la gravedad = 9,806 m/s²

La fórmula (E34). puede transformarse y utilizarse de diferentes maneras, según la variable que se desee calcular.

- **Pérdidas de carga localizadas**

Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a una disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico *K* (coeficiente de resistencia en la singularidad), cuyo valor se determina experimentalmente.

Las pérdidas localizadas se pueden calcular por dos métodos, mediante la aplicación de la ecuación (E31), conocido para cada accesorio, su valor *K*. Por la misma ecuación de pérdida de carga de Darcy-Weisbach, sustituyendo en dicha expresión la longitud de la tubería (L), por la longitud equivalente (L_e) (ver E36)

$$h_s = K \times \frac{V^2}{2g} \qquad (E35)$$

Donde,

h_s = Pérdida de carga o de energía (m)

K = Coeficiente adimensional de resistencia que depende del elemento que produzca la pérdida de carga.

V = Velocidad media en el elemento (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

$$h_s = f \times \frac{L_e}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (E36)$$

Donde,

f = coeficiente de fricción del tramo (adimensional)

D = diámetro interno de la tubería (m)

L_e = longitud equivalente

- **Método de factor de simultaneidad**

Tabla 11. Factor de simultaneidad instalaciones hidráulicas
Fuente: Rodríguez (2005)

Factor de simultaneidad			
No aparatos sanitarios	Instalación clase 1	Instalación clase 2	Instalación clase 3
1	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0
3	0.68	0.64	0.71
4	0.62	0.51	0.58
5	0.59	0.43	0.5
6	0.56	0.38	0.45
7	0.54	0.34	0.41
8	0.53	0.31	0.38
9	0.51	0.28	0.35
10	0.50	0.26	0.33
12	0.48	0.23	0.30
14	0.48	0.21	0.28
16	0.45	0.19	0.26
18	0.44	0.17	0.24
20	0.43	0.16	0.23
25	0.42	0.13	0.20
30	0.40	0.12	
35	0.39	0.1	
40	0.38	0.09	
45	0.38	0.08	
50	0.37	0.07	
60	0.36	0.06	
70	0.35	0.05	
80	0.34	0.043	
90	0.34	0.036	
100	0.33	0.031	
Nota: En esta tabla se han calculado, para cada instalación los valores mínimos recomendados del factor de simultaneidad (F.S.)			
Instalación clase 1: sistema hidráulico de aparatos comunes	$FS = \frac{1}{\log(10 \cdot X)} \quad (E38)$		
Instalación clase 2: sistema hidráulico de aparatos fluxores.	$FS = \frac{1}{\sqrt{X-1}} - 0,070 \quad (E39)$		
Instalación clase 3: sistema hidráulico residencial.	$FS = \frac{1}{\sqrt{X-1}} \quad (E40)$		

El método del factor de simultaneidad determina un caudal máximo probable que será el caudal del tramo suponiendo que no se presenta un funcionamiento de todos los aparatos al mismo tiempo. Por tanto, el factor de simultaneidad se expresa (E37)

$$F.S. = \frac{\text{caudal máximo probable}}{\text{caudal máximo posible}} \quad (E37)$$

Donde,

Caudal máximo posible = caudal mínimo para el funcionamiento del aparato sanitario

Caudal máximo probable = caudal máximo posible afectado por el factor de simultaneidad

Es acumulativo, de acuerdo con la distribución de los tramos.

Si se dispone del factor de simultaneidad (F.S) es posible estimar el caudal máximo probable de cada tramo de la red, ya que el caudal máximo posible es un dato disponible, El F.S, al ser probabilístico, depende fundamentalmente del número de aparatos que debe alimentar el tramo ($FS = 1/n$) y de si su uso es común o privado, y de su forma de alimentación.

5.5.2 Método de Hunter modificado (NTC 1500)

Este método es el más recomendado por la NTC 1500, opera con gastos normales o promedios para los diferentes aparatos sanitarios, sin llegar a los extremos de gastos mínimos o gastos máximos del método de Hunter original. Esta consideración fundamental obliga a la introducción de un valor diferente para la unidad de consumo.

- **Definición de la unidad de consumo (UC) modificada**

Una unidad de consumo es el gasto normal o promedio demandado por un lavamanos (de dos grifos, de tipo privado) en condiciones de funcionamiento normal. El gasto normal de un lavamanos, que se toma como unidad, es entonces el valor medio entre el gasto mínimo y el gasto máximo estimado por el método de Hunter original. Así, para un lavamanos privado:

- Gasto mínimo: 0.9 l/s (proveedores)
- Gasto máximo: 0.47 l/s (de hunter original)

El gasto promedio es 0.33 l/s, la unidad de abasto para este método modificado. Por tanto:

- 1 UC = 0.33 l/s » 0.3 l/s o también:
- 1 UC = 20 l/min (para NTC 1500)

En este caso, el factor multiplicado de los gastos mínimos es de aproximadamente 1.5, valor más bajo que el método de Hunter original (2.5). En síntesis, el gasto promedio equivale a un incremento del 50% de los gastos originales.

- **Generalidades del cálculo**

Para los cálculos generales del sistema hidráulico de aparatos sanitarios, se tuvo en cuenta aspectos tales como el tramo, el número de aparatos sanitarios, el factor de simultaneidad (ver E33), el caudal máximo posible (Tabla 12), caudal máximo probable.

Tabla 12. Criterio de diseños del sistema de distribución de agua.
Fuente: Norma NTC 1500 (ICONTEC, 2017).

Tipos de aparatos hidrosanitario	Caudal (a) L/min (gpm)	Presión de flujo Kpa (psi)
Bañera, válvula mezcladora balance de presión, termostática, o de combinación balance de presión/termostática	15 (4)	138 (20)
Bidé, válvula de mezclado termostática	8 (2)	138 (20)
Accesorio de combinación	15 (4)	55 (8)
Lavavajillas domestico	10 (2,75)	55 (8)
Bebedero	3 (0,75)	55 (8)
Lavadero	15 (4)	55 (8)
Lavamanos privado	8 (0,8)	55 (8)
Lavamanos privado, válvula mezcladora	. (0,8)	55 (8)
Lavamanos público	. (0,4)	55 (8)
Ducha	11 (2,5)	55 (8)
Ducha, con válvula de mezclado de presión balanceada, termostática o combinada de presión balanceada/ termostática	11 (2,5b)	138 (20)
Grifería de manguera	19 (5)	55 (8)
Poceta residencial	9 (1,75)	55 (8)
Poceta servicio	11 (3)	55 (8)
Orinal de válvula	45 (12)	172 (25)
Inodoro de desboque o arrastre con válvula fluxómetro	95 (25)	310 (45)
Inodoro, tanque fluxómetro	6 (1,6)	138 (20)
Inodoro, Sifónico, válvula de fluxómetro	95 (25)	241 (35)
Inodoro, Tanque cierre acoplado	11 (3)	138 (20)
Inodoro, Tanque una pieza	23 (6)	138 (20)
Notas: Factores de conversión: 1 Kpa= 0,14 psi 1 L/min= 0,26 galón por minuto		
a) Para requisitos adicionales de caudales y presión, véase el numeral 7.4.4.		
b) Cuando el fabricante de la regadera con válvula mezcladora indique una presión de flujo inferior para la válvula mezcladora se debe instalar la válvula de baja presión.		

Según la Norma NTC 1500 (ICONTEC, 2017) para el diámetro mínimo la velocidad mínima es de 0.5 m/s y la máxima de diseño será de 2 m/s. El diámetro nominal es el obtenido aproximado a un diámetro comercial, de acuerdo con el criterio del diseñador, sin exceder los parámetros de velocidad establecidos por la norma.

Mientras que diámetro efectivo obtenido de acuerdo con la clase de tubería, es el diámetro interno real de la tubería (teniendo en cuenta el espesor de la tubería), la cual resulta de la diferencia entre el diámetro exterior y el espesor de las paredes. En el diámetro teórico la velocidad mínima es de 0.5 m/s y la velocidad máxima de diseño será de 2 m/s. El diámetro se calcula utilizando la ecuación de continuidad (E41)

Esta información la suministran los fabricantes de la tubería. Además, se tiene en cuenta el tramo, y las unidades de consumo (Tabla 14).

Por su parte el chequeo de velocidad es de 0.5 m/s y la velocidad máxima de diseño será de 2 m/s., además se incluye la velocidad real que se calcula por la ecuación de continuidad (E41)

$$Q = \frac{V}{A} \rightarrow V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \rightarrow V = 2 \text{ m/s} \quad (\text{E41})$$

Se llevó a cabo los cálculos de diseño hidrosanitario obteniendo los siguientes resultados por cada componente del sistema hidrosanitario

5.5.3 Sistema de distribución de agua de la UCOS

Para el diseño de la red de distribución se tomó como punto de partida, más lejano de la red y crítico la ducha en la Figura 20 se representa en planta su ubicación en un recuadro rojo.

Una vez determinada la ruta crítica de la red, se realizó la asignación de la presión requerida según sea el aparato crítico seleccionado, dicha ruta se encuentra en el centro de gravedad del grupo de aparatos sanitarios, con lo cual se garantizó menores trayectos y presiones eficientes en todos los aparatos del proyecto, toda la ruta se calculó en la Tabla 13. Al realizarse el chequeo de velocidad (0.5 m/s a 2 m/s ICONTEC, 2017), en los 13 puntos verificados se da cumplimiento a lo establecido a la norma vigente. En cuanto al chequeo de la presión se estableció que lo mínimo que requieren los aparatos es una presión de 2 m.c.a teniendo en cuenta que de la ducha que es el aparato crítico.

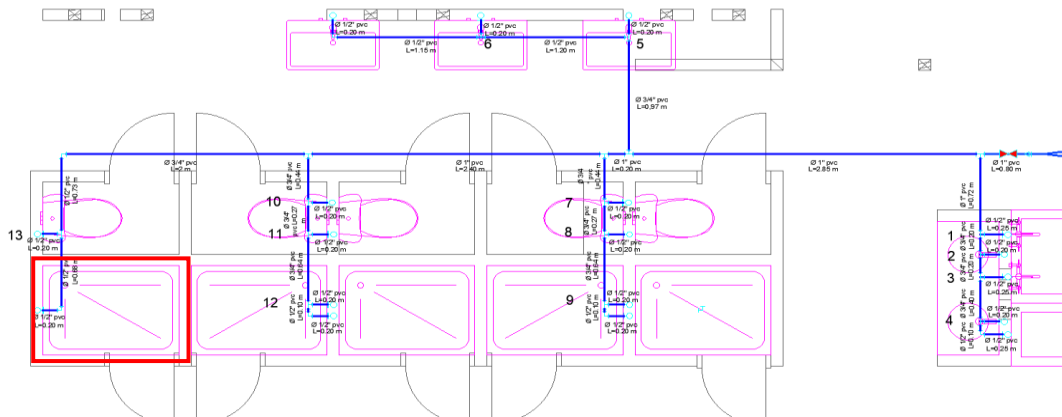


Figura 20. Aparato crítico red de distribución de la UCOS
Fuente: propia

Tabla 13. Diseño Hidráulico Unidad Comunitaria Sanitaria
Fuente: propia

De	Tramo	Uni Hm	No Salidas	Hm					
				Q _{max} Probable	RDE	V	Chequeo Velocidad	Re	F
	A	-	-	[L.p.s]	[m]	[m/seg]	[-]	[-]	[-]
3	4	2,00	2,00	0,19	21	1,60	CUMPLE	33199,6032	0,0238
4	LVADERO	1,00	1,00	0,12	13,5	1,91	CUMPLE	30513,1987	0,0243
4	LVADERO	1,00	1,00	0,12	13,5	1,91	CUMPLE	30513,1987	0,0243
1	5	19,00	13,00	0,88	21	1,84	CUMPLE	38174,2330	0,0232
5	LM	1,00	1,00	0,12	13,5	1,38	CUMPLE	22003,3805	0,0260
5	6	2,00	2,00	0,19	13,5	1,95	CUMPLE	31117,4792	0,0242
6	LM	1,00	1,00	0,12	13,5	1,38	CUMPLE	22003,3805	0,0260
6	LM	1,00	1,00	0,12	13,5	1,38	CUMPLE	22003,3805	0,0260
5	7	16,00	10,00	0,78	21	1,12	CUMPLE	29411,4948	0,0245
7	WC	2,20	1,00	0,20	13,5	1,62	CUMPLE	25891,3077	0,0251
7	8	4,20	3,00	0,31	21	1,45	CUMPLE	30067,9894	0,0243
8	WC	2,20	1,00	0,20	13,5	1,62	CUMPLE	25891,3077	0,0251
8	9	2,00	2,00	0,19	21	1,43	CUMPLE	29694,6278	0,0244
9	DCH	1,00	1,00	0,12	13,5	1,71	CUMPLE	27291,8346	0,0248
9	DCH	1,00	1,00	0,12	13,5	1,71	CUMPLE	27291,8346	0,0248
7	10	9,60	6,00	0,55	21	1,00	CUMPLE	26388,2657	0,0250
10	WC	2,20	1,00	0,20	13,5	1,62	CUMPLE	25891,3077	0,0251
10	11	4,20	3,00	0,31	21	1,87	CUMPLE	38683,5220	0,0231
11	WC	2,20	1,00	0,20	13,5	1,62	CUMPLE	25891,3077	0,0251
11	12	2,00	2,00	0,19	21	1,24	CUMPLE	32639,8554	0,0239
12	DCH	1,00	1,00	0,12	13,5	1,71	CUMPLE	27291,8346	0,0248
12	DCH	1,00	1,00	0,12	13,5	1,71	CUMPLE	27291,8346	0,0248
10	13	3	2,00	0,26	21	1,40	CUMPLE	28942,7430	0,0245
13	WC	2,20	1,00	0,20	13,5	1,62	CUMPLE	25891,3077	0,0251
13	DCH	1,00	1,00	0,12	13,5	1,71	CUMPLE	27291,8346	0,0248

Nota: Los colores representan los movimientos de la red de unidad en unidad

La modelación de la isometría y el sistema de captación, reservorio y red hidráulica de la unidad comunitaria UCOS, se muestran en las Figuras 21 y 22.

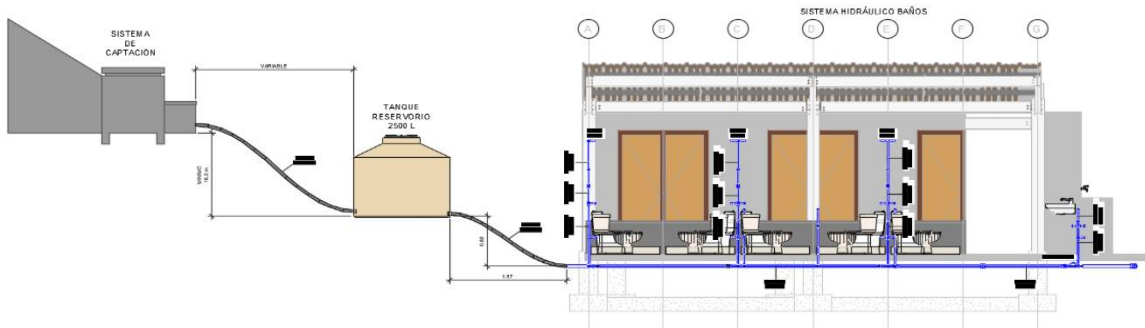


Figura 21. Sistema hidráulico de captación, reservorio y unidad comunitaria UCOS
Fuente: propia

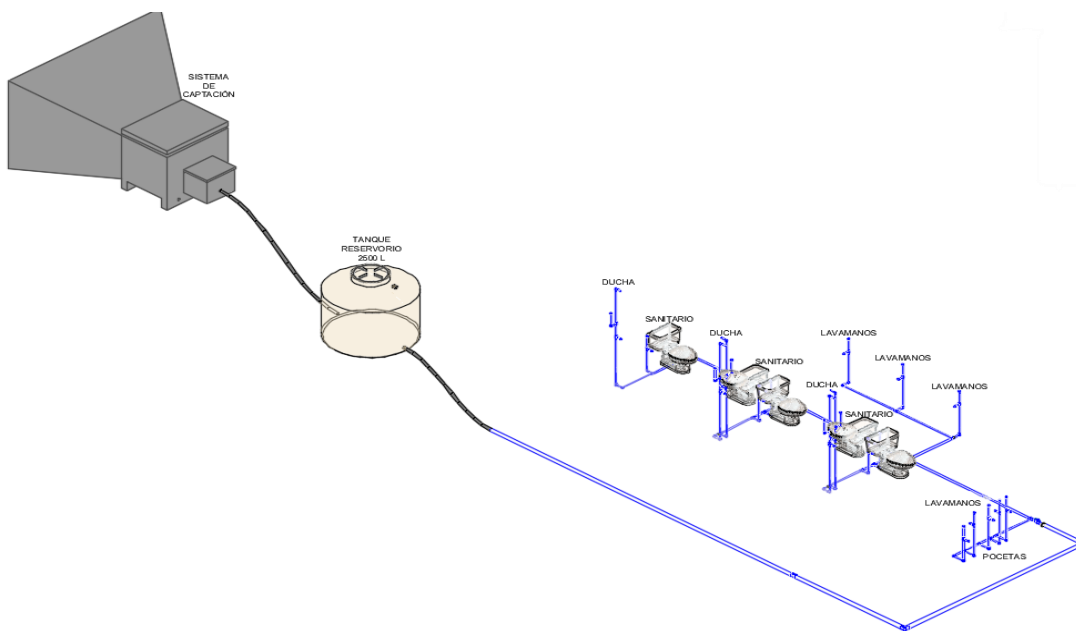


Figura 22. Isometría del sistema hidráulico del UCOS.
Fuente: propia

5.5.4 Sistema de alcantarillado y ventilación de la UCOS

Según la NTC 1500 (ICONTEC, 2017) un sistema de desagüe debe cumplir los siguientes parámetros:

1. Debe tener un ángulo no mayor de 45° tanto para los empalmes de desagüe final y para

los ramales de desagüe.

2. Debe tener mínimo una pendiente de 1%, si el diámetro es igual o menor a 3" la pendiente debe ser de 2%.
3. No se puede reducir el diámetro de un ramal horizontal, mínimo debe ser el diámetro de quien lo precede, ni tampoco puede ser menor a los orificios de salida de los aparatos que descarguen en él.
4. Se dimensionan los ramales y bajantes a partir del cálculo de gasto relativo que puede generar cada aparato denominado "unidad de descarga".
5. La velocidad de diseño a tubo lleno no debe ser menor de 0,6 m/s.

Tabla 14. Valores de unidades para aparatos en redes de suministro
Fuente: NTC 1500 (ICONTEC, 2017)

Aparato	Uso	Tipo de control de suministro	Valores de carga en unidades de aparato de suministro de agua (W.S.F.U.)		
			Fría	Caliente	Total
Pocetas de aseo	Oficinas, etc.	Grifería	2,25	2,25	3,00
Ducha	Público	Válvula mezcladora	3,00	3,00	4,00
Ducha	Privado	Válvula mezcladora	1,00	1,00	1,40
Orinal	Público	0.5 Lpf a 1 Lpf	1,00		1,00
Orinal	Público	1.1 Lpf a 2.0 Lpf	2,00		2,00
Orinal	Público	Tanque de descarga > 2.0 Lpf	30,00		3,00
Máquina automática de lavar ropa (8 lb)	Privado	Automático	1,00	1,00	1,40
Máquina automática de lavar ropa (8 lb)	Público	Automático	2,25	2,25	3,00
Máquina automática de lavar ropa (15 lb)	Público	Automático	3,00	3,00	4,00
Inodoro	Privado	Válvula fluxómetro	4,00		4,00
Inodoro	Privado	Tanque de descarga	2,20		2,20
Inodoro	Público	Válvula fluxómetro	6,00		6,00
Inodoro	Público	Tanque de descarga	5,00		5,00
Inodoro	Público o privado	Tanque fluxómetro	2,00		2,00

Nota: Para SI: 1 pulgada= 25,4 mm, 1 libra= 0,454 kg

a) Para aparatos no listados, se debe asumir la carga comparando el aparato con uno de la lista cuyo gasto de agua tenga similares características. Las cargas asignadas para aparatos de agua caliente y fría se dan por separado, para el agua fría, caliente y el total. La carga separada para agua caliente y fría es de tres cuartos de la carga total para el aparato en cada caso.

Respecto a la red de ventilación según la NTC 1500 (ICONTEC, 2017) se debe cumplir con los siguientes:

1. Después del punto de evacuación de los sanitarios se encuentra el sifón de piso correspondiente a cada aparato sanitario para así dar inicio a la red de aguas servidas.
2. Debe ser una red abierta, que parte de los sellos hidráulicos, en la medida que avanza va

recibiendo los demás tramos de la red hasta llegar al tramo final de ésta. .

3. Se debe trazar la red abierta de longitud mínima, Sólo se pueden realizar cambios de dirección a ángulos de 45° o menores con la tubería que los precede (NTC 1500). Se debe conservar la pendiente del tramo principal.
4. El trazado de la red debe hacerse desde los aparatos más alejados hacia el punto de entrega (caja domiciliaria). Se debe tener toda la información con la que se va a construir la red.

Para el dimensionamiento del sistema de desagüe se utilizó el método de estimación de caudal recomendado por la NTC 1500, el cual opera con gastos o caudales normales (promedios) y consiste en asignar a los aparatos las unidades de consumo correspondientes a los cálculos hidráulicos mencionados en las secciones anteriores.

Para el chequeo hidráulico del sistema, se determinan las propiedades del flujo que gobiernan el sistema de alcantarillado. Para ello, se utilizan ecuaciones como Manning y se evalúan las condiciones del flujo mediante tablas de relaciones hidráulicas; además, se determina el tipo de flujo y su comportamiento hidráulico utilizando el número de Froude. Así, el diseño del sistema de desagüe de las unidades comunitarias sanitarias se observa en la Tabla 15 y Figura 23 chequeado determinando su cumplimiento con los requisitos propuestos por la norma nacional.

Tabla 15. Chequeo diseño sanitario
Fuente: propia

Ramal	Descarga Bajante	Unid HM	No Salidas	Ø	Sw	V _o	V	θ	R	τ	FROUD	REVISIÓN
[-]	[-]	-	-	[in]	[%]	[m/seg]	[m/seg]	[Rad]	[m]	[Kg/m ²]	[-]	[-]
AGUA RESIDUAL												
R1	1	15	5	4	1,5%	1,10	0,52	1,855	0,013	0,19	1,35	CUMPLE
AGUA JABONOSAS												
R1	2	10	5	2	1,5%	0,70	0,53	2,953	0,013	0,19	1,24	CUMPLE
R2	2	3	3	2	2,0%	0,81	0,46	2,208	0,009	0,17	1,43	CUMPLE
R3	2	8	4	2	1,5%	0,70	0,51	2,808	0,012	0,18	1,23	CUMPLE

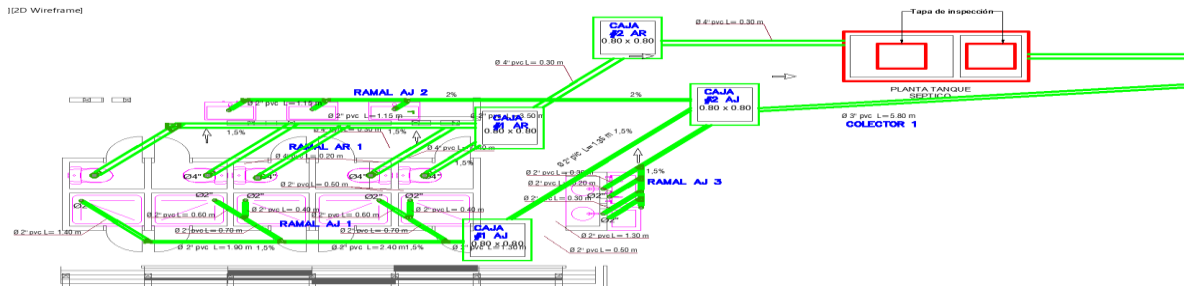


Figura 23. Red de desagüe de la UCOS
Fuente: propia

5.4.5 Manejo de agua lluvia de la UCOS

El Departamento Nacional de Planeación (2021) dispone que la red de aguas lluvias se debe diseñar de tal forma que esté en capacidad para evacuar el mismo caudal generado por la precipitación instantánea. Las tuberías pueden fluir llenas ya que no hay restricción de presión, ni tampoco de ventilación, pero se utilizará un 75% de su capacidad ya que el óptimo funcionamiento no se consigue al 100%.

Para el dimensionamiento del sistema de evacuación de las aguas en cubierta se tiene en cuenta lo establecido en el Código Colombiano de Fontanería NTC 1500 Tabla 16.

Tabla 16. Dimensionamiento de desagües del sistema.
Fuente: NTC 1500 (ICONTEC, 2017)

Diámetro nominal mm	Caudal, máximo L/s	Áreas máximas permitidas proyectadas horizontalmente en m ² para diferentes intensidades de lluvia					
		25 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	125 mm/h	150 mm/h
75	4,2	600	300	200	150	120	100
100	9,1	1286	643	429	321	257	214
125	16,5	2334	1117	778	583	467	389
150	26,8	3790	1895	1263	948	758	632
200	57,6	8175	4088	2725	2044	1635	1363
600	300	300	200	150	120	100	
100	9,1	1286	643	429	321	257	214
125	16,5	2334	1117	778	583	467	389
150	26,8	3790	1895	1263	948	758	632
200	57,6	8175	4088	2725	2044	1635	1363

Nota:

1. Las dimensiones de bajantes y colectores están basadas en los caudales correspondientes a una relación de llenado de 7/24.
2. Para precipitaciones diferentes de las indicadas, se deberá interpolar linealmente.
3. La tubería vertical puede ser redonda, cuadrada o rectangular. La sección cuadrada debe contener la sección circular equivalente. La sección rectangular debe tener por lo menos la misma área transversal que la sección circular equivalente, excepto que la relación de sus dimensiones laterales no exceda 3 a 1.

además de los siguientes requisitos:

1. Velocidad máxima: 4 m/s a tubo lleno y
2. Velocidad mínima: 0.6 m/s en condiciones normales.
3. Pendiente mínima: 1%
4. Diámetro mínimo de tubería horizontal: 3”.
5. Diámetro mínimo de tubería vertical (bajantes): 4”.
6. Material: PVC

Teniendo en cuenta lo anterior y la intensidad de lluvia adoptada para la zona de proyecto, se extrae de la tabla un valor de área de cubierta admisible para este diámetro de bajante; por lo que continuado se procede al cálculo del número de bajantes por cubierta

$$\#Bajantes = \frac{\text{Área de cubierta}}{\text{Área máxima permitida según NTC1500}} \quad (E42)$$

Para el diseño se calcularon los bajantes de aguas lluvias, considerando el área servida (proyección horizontal de la cubierta) en 56,5 m², el número de bajantes fue igual a 1 bajante de 4” que es el mínimo por cubierta, dichos cálculos concuerdan con lo demostrado por el Ministerio de Vivienda (2000) en la Tabla 16.

Una vez recolectada y evacuada el agua lluvia desde la cubierta, esta será conducida hacia un tanque donde se dispondrá para ser aprovechada.

5.6 Diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de la UCOS

La UCOS está diseñada para atender hasta 125 personas y en caso tal de superar dicha población se deberá implantar un mayor número de unidades, cada una con un sistema propio de tratamiento de aguas residuales que al ser de tipo doméstico específicamente aguas fecales y de lavado provenientes de las duchas, lavamanos y sanitarios, pasarán por un tanque séptico donde se dará tratamiento primario de sedimentación al agua y procesamiento anaerobio de los fangos al ser allí retenidos durante varios meses. Luego el agua sedimentada pasará a un filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA) en una estructura independiente para un mejor manejo constructivo y operativo, lugar donde se llevará a cabo el tratamiento secundario que mejora la calidad del efluente para luego ser conducido a un campo de infiltración y ser percolado al terreno.

5.6.1 Diseño del tanque séptico

Según parámetros del Ministerio de Vivienda (2000), la unidad séptica se diseña con el criterio de volumen útil a partir de la contribución de aguas residuales por ocupantes permanentes. Además, teniendo en cuenta la Resolución 0330 Art. 113, y la actualización del mismo en el Art. 166 de la Resolución 908 de 2021 que establece que los procesos y unidades de plantas de tratamiento de aguas residuales -excepto sistemas lagunares- para localidades con caudales de diseño iguales o menores a 30 lts/seg, se proyectarán con un caudal de tres (3) veces el caudal medio correspondiente al valor de tiempo seco, sin considerar infiltración ni conexiones erradas.

Según lo estipulado en el Ministerio de Medio Ambiente (2010), el tanque debe ubicarse en un sitio que permita su revisión y limpieza periódica, además se deben conservar distancias mínimas de 1.5 m de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración, 3.0 m de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua y 15.0 m de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

El tanque séptico es una cámara destinada a retener las aguas por un periodo aproximado de cinco (5) días, teniendo un proceso de sedimentación en el cual los sólidos se depositan en el fondo del tanque donde se produce una asimilación anaeróbica de la materia orgánica, por lo que para el cálculo del volumen útil del tanque séptico se siguieron los criterios dispuestos en el Ministerio de Vivienda, 2010.

$$V_u = 1000 + N_c(C \times T + Kx L_f) \quad (E44)$$

Donde,

V_u = volumen útil en litros

N_c = número de contribuyentes beneficiados (habitantes)

C = Valor de contribución de agua, para este caso se adoptó el valor correspondiente a usuarios permanentes.

T = tiempo de retención de acuerdo con la contribución diaria en litros (Tabla 17)

L_f : Lodo fresco l/día

K : Corresponde a los valores de acumulación de lodos digeridos con respecto al rango de temperatura ambiente en °C, que estima el intervalo de limpieza en años (Tabla 18).

Tabla 17. Tiempos de retención
Fuente: Ministerio de Vivienda (2000)

Contribución diaria (l)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
hasta 1,500	1	24
De 1,501 a 3,000	0,92	22
De 3,000 a 4,500	0,83	20
4,501 a 6,000	0,75	18
6,001 a 7,500	0,67	16
7,501 a 9,000	0,58	14
más de 9,000	0,5	12

Tabla 18. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos
Fuente: Ministerio de Vivienda (2000)

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiente (t) en °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t ≥ 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

El Ministerio de Vivienda dice que los tanques pueden ser cilíndricos o prismáticos los primeros se utilizan cuando se requiere minimizar el área útil pero aumenta la profundidad y los prismáticos o rectangulares en los casos en que no se tenga problema de una mayor área horizontal, siendo dicha área calculada así:

$$Asps = \frac{Vu}{Profundidad\ útil} \quad E45$$

Además, recomienda:

Tabla 19. Valores de profundidad útil
Fuente: Ministerio de Vivienda (2000)

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

1. Profundidad útil entre los valores mínimos y máximos dados en la Tabla 19, de acuerdo con el volumen útil obtenido mediante la ecuación E44.
2. Diámetro interno mínimo de 1.10 m, el largo interno mínimo de 0.80 m y la relación ancho / largo mínima para tanques prismáticos rectangulares de 2:1 y máxima de 4:1.
3. De ser tanques prismáticos de dos cámaras, el largo de la primera será de 2/3 del largo

total y la segunda 1/3.

4. Se debe garantizar un borde libre de 0,3 a 0,5 m para absorber temporalmente sobrecargas hidráulicas.
5. Los bordes inferiores de las aberturas de paso entre las cámaras deben estar a 2/3 de la profundidad útil
6. El área total de las aberturas de pasaje entre las cámaras debe ser de 5 a 10 % de la sección transversal útil de la fosa
7. Altura del borde de interconexión entre cámaras 35 a 40 cm por debajo del nivel de la lámina la altura útil.
8. Área de apertura de paso entre cámaras: $10\% \times A_{ps}$
9. Diámetros de las tuberías de entrada y de salida del sistema séptico se recomiendan en 4 pulgadas y si existe trampa de grasas la tubería de entrada será de 3 pulgadas.

Así, el sistema para una UCOS con 125 habitantes da en el rango de 6501 a 9000 litros.

Lo que corresponde a 14 horas de tiempo de retención. Optando por un tanque rectangular con un volumen útil de $12,475 \text{ m}^3$, una profundidad útil mínima de 1,8 m y un borde libre de 0,3 m, primera cámara de 2/3 del largo y segunda del restante 1/3 con los bordes inferiores de las aberturas de paso entre cámaras a 2/3 de la profundidad útil (Tabla 20).

Tabla 20. Dimensionamiento del pozo séptico
Fuente: propia

Dimensiones	Cámara 1	Cámara 2
Largo (m)	3,04	1,52
Ancho neto (m)	1,52	1,52
Profundidad útil + borde libre (m)	2,10	2,10

5.6.2 Diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

Este es un reactor diseñado para llevar a cabo un tratamiento anaerobio empleando un crecimiento de biomasa (poblaciones microbiológicas) por adherencia a un medio de soporte o lecho que puede ser de grava o relleno sintético. Es llamado de flujo ascendente porque la entrada del agua residual al sistema se hace por el punto más bajo y el sentido del flujo dentro del lecho asciende a través del medio de soporte hasta llegar a la salida. (Ramalho, 1993).

Este sistema se construye con el objetivo de continuar el tratamiento de las aguas provenientes del tanque séptico; según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

(2015), son sistemas eficaces que pueden alcanzar remociones de hasta el 90% en DBO y 75% en SST por lo que cumpliría con la norma de vertimientos exigida en el país al complementar la separación física (sedimentación) que ocurren en el tanque séptico.

Siguiendo los lineamientos del Ministerio de Vivienda (2000), con las siguientes formulas se calcula el volumen de la cámara de reacción (E45), volumen de la cámara de sedimentación (E46) y área superficial de la cámara (E47)

$$V_{ur} = 400 + 0,25 N x C \quad (E45)$$

$$V_{us} = 1,50 + 0,20N x C \quad (E46)$$

$$A_s = 0,07 + \frac{N x C}{15} (m^2) \quad (E47)$$

Donde,

V_{ur} = l de volumen útil de pozo séptico

V_{us} = m³, el cual será el volumen mínimo del pozo séptico.

A_s = Área superficial de la cámara de sedimentación

N = Nitrógeno del afluente

C = Aporte de aguas residuales por contribuyente

T =Tiempo de retención en días

K = Tasa de acumulación de lodos digeridos según intervalos de limpieza y T°

Se establece un TRH de 5 hr correspondiente al rango de concentración orgánica de 80 a 300 mg/l. (Resolución, 0333, de 2017).

Generalmente el material del lecho son cantos rodado con un volumen de 0,02 a 0,04 m³ por cada 0,1 m³/día de aguas residuales a tratar; no obstante, hoy día es mejor emplear material plástico de soporte, usualmente en forma de “rosetas” con un área de contacto mucho mayor que la piedra lo que optimiza la eficiencia del sistema, utilizando la mitad del volumen anterior (Resolución, 0333, de 2017).

Material fácilmente disponible con empresas proveedoras de sistemas prefabricados de tratamiento.

De acuerdo con el Ministerio de Vivienda (2000), la ecuación de cálculo es:

$$V_2 = 1,6 N x C x T$$

E43

Donde,

V_2 = Volumen del FAFA

N = Nitrógeno del afluente

C = Contribución de aguas residuales por contribuyente en L/dia/hab.

T = Periodo de retención por tasa de contribución diaria

Teniendo presentes las siguientes características de diseño:

1. El fondo falso que soporta el material del lecho deberá tener aberturas de 0,03 m espaciadas 0,15 m entre sí.
2. Para filtros anaerobios de volumen mayor de 12 m³, deberá proveerse la forma de realizar el mantenimiento, mediante una forma hidráulica o mecánica, incluyendo el falso fondo.

Finalmente, los filtros anaeróbicos de flujo ascendente se diseñaron como una cámara independiente anexa al final del pozo séptico, según las dimensiones en la Tabla 21

Tabla 21. Dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente

Fuente: propia

Medida	Calculado	Unidades	Por norma
Volumen útil medio soporte	6960	l	CDMB: 1.40 m <H <1,80 m
Área requerida	3,31	m ²	
Profundidad	2,10	m	
Ancho interior	1,52	m	CDMB= 0,85 m Mínimo
B máx.	6,30	m	CUMPLE
Longitud	2,18	m	

5.6.3 Diseño del campo de infiltración

El campo de infiltración es una serie de zanjas con dimensiones calculadas según la tasa de percolación, la cual varía según las características del terreno en donde estas se vayan a localizar; según Ministerio de Vivienda (2000), deben disponerse aguas abajo del lecho anaerobio de flujo ascendente en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual efluente del mencionado sistema, mediante la ecuación E46 se calcula el área de absorción de las zanjas.

$$A = \frac{Q \times 1}{R} \quad \text{E46}$$

Donde,

A = área

Q = Tasa de carga hidráulica en m³/ha x d

R = Relación de recirculación R/Q

Excavadas las zanjas, retirado el material sobrante, perfilados los bordes y fondo, se procede a rellenar la zanja con una capa mínimo de 15 cm de gravas o piedras trituradas, hasta obtener el nivel para localizar la tubería P.V.C. de un diámetro entre 10 y 60 mm, luego para evitar obstrucciones se cubrirá los 15 cm de la parte superior también con gravas de manera que cubra el tubo, finalmente se coloca una capa mínima de 30 cm de relleno de material de sitio compactado. Debiendo evitarse la proximidad de árboles para prevenir la entrada de raíces en las zanjas y tuberías o que vaya a desarrollarse una zona de inestabilidad geotécnica por exceso de agua en el suelo.

Se proyectó un campo de infiltración en un área de 231,48 m² con un tubo principal de 4 pulgadas de diámetro, la cual se distribuirán 8 ramales de 30 m en tubería de igual diámetro, cuyos valores e imagen pueden verse en la Tabla 22 y Figura 24.

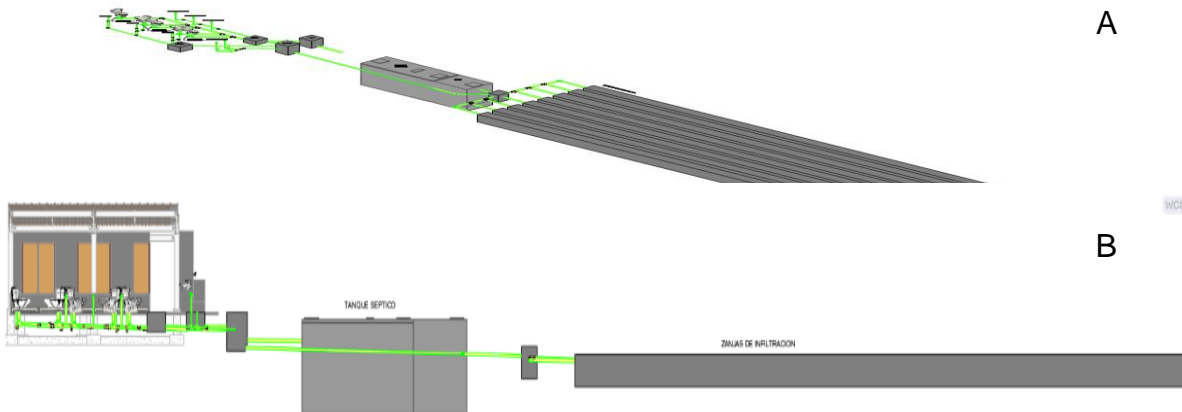


Figura 24. Red de infiltración de la UCOS A. isometria, B vista lateral
Fuente: propia

Tabla 22. Dimensiones para campo de infiltración
Fuente: Ministerio de Vivienda (2000)

Parámetro	Dimensión
-----------	-----------

Diámetro de las tuberías	0,10 a 0,15 m
Pendiente	0,3 a 0,5%
Largo máximo	30 m
Ancho de zanja	0,45 a 0,75 m

5.7 Presupuesto y cronograma

Se proyectó un presupuesto de construcción de las UCOS, considerando los usuales porcentajes de administración, y utilidad, así como la intervención administrativa, técnica y financiera y la supervisión.

Presupuesto destinadas a proporcionar una estimación de los recursos que una entidad territorial necesitaría invertir para llevar a cabo el proyecto, siendo factible que dicha entidad incluya o excluya algunas de las actividades previstas.

Para la estimación de costos se tuvo como referencia proyectos similares para comunidades dispersas, pero no son los valores definitivos y deberán ser ajustados según la Resolución de precios de la gobernación de Risaralda o la región donde se implemente un proyecto similar adaptado al lugar, considerando el ajuste de los diseños según las características específicas de cada comunidad, adaptándose a las necesidades reales de la entidad territorial.

Se recomienda considerar este presupuesto teniendo en cuenta que ciertos costos, como los materiales, el transporte y la mano de obra, pueden aumentar los precios de las actividades. Puesto que los proyectos lejos de fuentes de suministro suelen enfrentar incrementos debido a la disponibilidad limitada de materiales que cumplan con los estándares de calidad requeridos.

Además, los costos de transporte hacia áreas de difícil acceso también deben ser considerados, en cuanto a la mano de obra, los costos pueden variar significativamente dependiendo del lugar y las condiciones locales, considerando a su vez labores adicionales que suelen surgir en proyectos similares, requiriéndose ajustes durante el proceso de construcción.

Tabla 23. Presupuesto de construcción de una Unidad Comunitaria Sanitaria UCOS

Fuente: propia

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR PARCIAL
1	Preliminares	GL	\$ 16.933.444
2	Movimiento De Tierra	GL	\$ 15.807.047
3	Estructura	GL	\$ 37.475.034
4	Estructura Liviana	GL	\$ 33.201.195
5	Instalaciones Hidrosanitarias	GL	\$ 12.289.011
6	Aparatos Sanitarios	GL	\$ 15.827.044
7	Cubierta	GL	\$ 4.969.485
8	Sistema Séptico	GL	\$ 65.595.490
9	Tanque Reservorio	GL	\$ 22.467.874
10	Zanjas De Infiltración	GL	\$ 6.286.821
11	Captación	GL	\$ 55.022.633
12	Acarreo	GL	\$ 49.632.671
Costo Directo (UCOS Para 125 Personas)			\$ 335.507.753
SUBTOTAL AU		28%	\$ 93.942.171
TOTAL			\$ 429.449.924

Si se proyecta el presupuesto para el total de las comunidades de los resguardos indígenas embera chamí y gitó dokabú embera katio, el costo total del proyecto asciende a \$32.208.744.372 de pesos (Tabla 24).

Tabla 24. Presupuesto de construcción para todos los resguardos indígenas

Fuente: propia

Resguardo Indígena	No. comunidades	Comunidades donde es viable realizar la implantación		No de UCOS requeridas en cada resguardo según la población	Valor unitario de cada Unidad Comunitaria Sanitaria (UCOS)	Presupuesto Plan Maestro de Aguas segura y saneamiento básico
		No.	%			
Unificado embera chamí	35	25	71%	47	\$ 320.896.000,00	\$ 20.184.146.473
gitó dokabú / embera katio	16	16	100%	28		\$ 12.024.597.899
TOTAL	51	41	80%	75		\$ 32.208.744.372

En cuanto al cronograma, este representa la implementación de las actividades para construir las UCOS en concordancia con las especificaciones detalladas, siendo esencial establecer una ruta crítica para evitar retrasos en la planificación de la obra (Tabla 25).

Tabla 25. Cronograma Unidades Comunitarias Sanitarias UCOS

Fuente: propia

ITEM	DESCRIPCIÓN	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
1	Preliminares				
2	Movimiento De Tierra				
3	Estructura				
4	Estructura Liviana				
5	Instalaciones Hidrosanitarias				
6	Aparatos Sanitarios				
7	Cubierta				
8	Sistema Séptico				
9	Tanque Reservorio				
10	Zanjas De Infiltración				
11	Captación				
12	Acarreo				

5.8 Manual de mantenimiento

El plan para el mantenimiento y funcionamiento de la Unidad Sanitaria Comunitaria detalla las acciones necesarias para garantizar su operatividad a largo plazo, por lo que implica realizar actividades regulares de mantenimiento en la captación, reservorio y caseta sanitaria y el sistema de tratamiento. Para el manual de uso y mantenimiento de las Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS), se estableció un enfoque práctico y comprensible para las comunidades indígenas embera chamí y gitó dokabú. La estructura del manual tiene como objetivo principal guiar a los usuarios en el correcto uso y mantenimiento de las unidades sanitarias, asegurando su funcionamiento adecuado y prolongando su vida útil, a la vez que promueve la sostenibilidad y mejora la salud pública en la comunidad.

5.8.1 Captación y reservorio

El mantenimiento del sistema de captación y tratamiento de agua segura es esencial para garantizar un suministro continuo de agua limpia para la comunidad, se recomienda realizar las siguientes actividades:

1. Regularmente, inspeccione y limpie la bocatoma para eliminar cualquier material (hojas, palos, sedimento) que pueda obstruir el flujo de agua.
2. Verifique que no haya fugas en la estructura de la bocatoma. Si encuentra alguna fuga, repárela de inmediato para evitar pérdidas de agua y posibles daños a la infraestructura.
3. Realice inspecciones periódicas (cada 2 a 3 meses) para evaluar la estabilidad y el estado de todas las estructuras del sistema de captación y potabilización.

4. Revise visualmente el tanque de almacenamiento para detectar signos de daños o fugas.
5. Lave el tanque de almacenamiento al menos cada seis meses para eliminar sedimentos y cualquier otro residuo que pueda acumularse en el interior.
6. Utilice agua y jabón suave para limpiar las paredes interiores y el fondo del tanque.
7. Frote las superficies con un cepillo de cerdas suaves para eliminar cualquier residuo.
8. Enjuague completamente el tanque con agua limpia para eliminar cualquier residuo de detergente y suciedad remanente.
9. Prepare una solución desinfectante utilizando cloro o cualquier otro producto desinfectante aprobado para el tratamiento de agua potable.
10. Aplique la solución desinfectante en todas las superficies internas del tanque y déjela actuar durante el tiempo recomendado por el fabricante (entre 30 min y una hora).
11. Enjuague nuevamente el tanque con agua limpia para eliminar cualquier residuo de la solución desinfectante.
12. Una vez completado el proceso de limpieza y desinfección, cierre las válvulas de drenaje y vuelva a conectar la entrada de agua al tanque.
13. Llene el tanque con agua limpia y segura, verificando que no haya fugas en el sistema.
14. Asegúrese de que las válvulas de entrada, salida y desagüe funcionen correctamente y no presenten obstrucciones. Lubrique las partes móviles y cambie los sellos si es necesario.
15. pruebas periódicas de calidad del agua, como la medición de los niveles de cloro residual y análisis microbiológicos, para garantizar que el agua almacenada sea segura para el consumo.
16. Defina un cronograma de inspecciones, limpiezas y pruebas de calidad del agua, documentando cada actividad realizada.

Es muy importante llevar un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo fechas, acciones realizadas, productos utilizados resultados de pruebas de calidad del agua y cualquier observación relevante. Esto facilitará el seguimiento del estado de las instalaciones y la planificación de futuras intervenciones.

5.8.2 Unidad Comunitaria Sanitaria UCOS

El mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades comunitarias sanitarias, compuestas por baños, duchas y puntos de acopio de lavamanos es fundamental para mantener estas instalaciones en condiciones óptimas de limpieza y funcionamiento y garantizar el bienestar y la salud de los usuarios.

El mantenimiento preventivo se enfoca en acciones periódicas para evitar problemas futuros y mantener las instalaciones en condiciones seguras y operativas, realizando las siguientes actividades:

1. Limpieza diaria: los beneficiarios deben asegurarse de mantener los baños y recintos limpios diariamente; se deben limpiar y desinfectar con jabón los lavamanos, sanitarios y áreas de ducha regularmente.
2. Control sanitario: verificar regularmente las condiciones sanitarias de las instalaciones y artefactos sanitarios para asegurar su correcto funcionamiento.
3. Prevención de filtraciones: Inspeccionar periódicamente las tuberías y grifos en busca de fugas y filtraciones. Reparar cualquier filtración de manera inmediata para evitar daños a la infraestructura y reducir costos de operación.

El mantenimiento correctivo es la reparación inmediata de problemas o emergencias que puedan surgir en las instalaciones sanitarias. Las acciones a tomar incluyen:

4. Reparación de emergencias: Actuar rápidamente ante filtraciones, obstrucciones de artefactos sanitarios u otros problemas similares.

Es muy importante llevar un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo fechas, acciones realizadas y cualquier observación relevante. Esto facilitará el seguimiento del estado de las instalaciones y la planificación de futuras intervenciones.

5.8.3 Redes de desagüe y sistema séptico

El mantenimiento adecuado de las redes de desagüe de aguas residuales es fundamental para garantizar el funcionamiento eficiente y seguro del sistema de saneamiento. Al seguir las recomendaciones proporcionadas en este manual, se pueden prevenir obstrucciones y problemas de flujo, contribuyendo así a la salud y el bienestar de la comunidad. Siendo esencial mantener estas redes limpias y libres de obstrucciones, para sí garantizar su funcionamiento óptimo y prevenir problemas de salud y saneamiento en la comunidad.

1. Evite convertir el sanitario en un basurero: es fundamental no arrojar desechos (plásticos, gomas, paños o aceites) por el sanitario, ya que pueden obstruir las instalaciones y causar problemas de flujo.
2. Solo agua y excrementos: la red de desagües y todo el restante sistema está diseñado para

manejar solo este tipo de residuos.

3. Revisión periódica de soportes: es necesario realizar inspecciones regulares de los soportes de las tuberías, colectores y canales colgados del piso y techo de la UCOS para garantizar su adecuada pendiente, prevenir la acumulación de residuos y facilitar el flujo de las aguas residuales.
4. Inspeccione regularmente las conexiones y juntas de las tuberías en busca de fugas y realice las reparaciones necesarias.

Es muy importante llevar un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo fechas, acciones realizadas y cualquier observación relevante. Esto facilitará el seguimiento del estado de las instalaciones y la planificación de futuras intervenciones.

5.8.4 Frecuencia de mantenimiento del tanque séptico

Es esencial inspeccionar los tanques sépticos al menos dos veces al año para determinar cuándo es necesario realizar operaciones de mantenimiento y limpieza, debiendo medir la profundidad de los lodos del fondo y la capa de natas en la superficie.

Los lodos deben ser extraídos cuando alcanzan la mitad o dos tercios de la distancia total entre el nivel del líquido y el fondo junto con el retiro de las natas acumuladas al menos una vez al año.

A. Procedimiento de inspección y mantenimiento del tanque séptico

1. Retire la tapa y permita la ventilación del tanque durante al menos 15 minutos para eliminar gases tóxicos o explosivos.
2. Introduzca una vara de color blanco en la capa de natas de la superficie hasta que aflore agua por los costados de esta, midiendo la longitud de la vara humedecida se determina si debe extraerse la capa de natas.
3. Extraiga las natas utilizando un recipiente adecuado.
4. Una vez llevado a cabo el paso anterior, introduzca de nuevo la vara, pero esta vez hasta el fondo del tanque para medir la longitud del lodo en el fondo, extrayéndolos si exceden los 20 cm.
5. Retire los lodos manualmente con baldes, una bomba de achique o mediante una tubería de purga en el fondo del tanque séptico, si la topografía del terreno lo permite. Pero siempre deje una pequeña cantidad para mantener el proceso de digestión y nunca lave el

tanque.

B. Manejo de los residuos del tanque séptico

1. Los lodos deben disponerse en lechos de secado mezclándolos con tierra, residuos orgánicos, hierba cortada y cal.
2. Los lechos de secado deben estar alejados por lo menos 500 m de la vivienda más cercana.
3. Los lodos secos pueden enterrarse o mezclarse con suelos agrícolas para su mejoramiento, evitando su uso en cultivos a ser consumidos crudos.

C. Procedimiento de inspección y mantenimiento del FAF

1. La limpieza del lecho debe realizarse aproximadamente cada tres años
2. Retire la tapa y permita la ventilación del tanque durante al menos 15 minutos para eliminar gases tóxicos o explosivos.
3. Realice una limpieza de las piedras o material sintético según sea el caso y proceda a volver a ponerlos en el tanque para reiniciar el proceso, cambiando aquellos elementos que estén visiblemente deteriorados

D. Operación y mantenimiento del campo de infiltración:

1. Los campos de infiltración deben operarse en condiciones aerobias, se debe tener tubos de ventilación protegidos contra insectos.
2. El funcionamiento del campo debe ser intermitente por gravedad o por dosificación periódica.
3. Para favorecer la vida útil del sistema, se recomienda mantener todos los ramales con la misma longitud y ubicar las líneas paralelas a las curvas de nivel en terrenos planos. También se sugiere terminar las líneas en pequeños pozos para una adecuada ventilación y sembrar grama en el campo para facilitar la absorción del líquido efluente.

Es muy importante llevar un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo fechas, acciones realizadas y cualquier observación relevante. Esto facilitará el seguimiento del estado de las instalaciones y la planificación de futuras intervenciones.

6. CONCLUSIONES

La propuesta de las Unidades Comunitarias Sanitarias surge como respuesta al déficit de saneamiento básico y acceso a agua segura en las comunidades indígenas embera chamí y gitó dokabú embera Katio; por lo que constituyen una alternativa viable para garantizar el suministro de agua segura y el acceso a servicios de saneamiento en las comunidades indígenas.

Esta solución está en conformidad con el Artículo 365 de la Constitución Política de Colombia (1991), “*que estipula la responsabilidad del Estado en asegurar una prestación eficiente de los servicios públicos*” y también está en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible No. 6 de la Organización de Naciones Unidas (2000), centrado en garantizar el acceso universal al agua y al saneamiento básico.

Las UCOS no solo abordan de manera integral las necesidades de saneamiento y salud pública en los resguardos indígenas, sino que también fomentan la cohesión social y respetan las particularidades culturales de las comunidades. Este doble enfoque, tanto técnico como social, es crucial para el éxito y la durabilidad del proyecto, garantizando que la implantación de la infraestructura de saneamiento genere beneficios reales y sostenibles para la comunidad.

La participación de la comunidad en el diseño y uso de las UCOS asegura que estas soluciones sean culturalmente apropiadas y viables a largo plazo. Al involucrar a los líderes y a los miembros de la comunidad, se promueve una apropiación del proyecto que facilita su mantenimiento y utilización adecuada. Siendo esta una propuesta que soluciona y dignifica estas comunidades indígenas, reduciendo las brechas sociales, mitigando los efectos de las enfermedades transmitidas por el agua y disminuyendo la contaminación en la zona

El diseño de las Unidades Comunitarias Sanitarias se adapta a las necesidades culturales y geográficas de las comunidades indígenas de alta montaña en Risaralda. La consideración de la disposición de las viviendas, las prácticas constructivas locales y la disponibilidad de recursos naturales refleja un compromiso genuino con la contextualización y la sensibilidad cultural en el desarrollo del proyecto. Esta adaptación contribuye significativamente a la aceptación y la efectividad de las soluciones propuestas dentro de las comunidades beneficiarias

Durante la socialización del proyecto con el alcalde de Pueblo Rico, Martín Siágama Gutiérrez, se destacó que las UCOS son un proyecto ajustado a las condiciones locales. Una validación del proyecto, realizada en mayo de este año, demostró que solo el 19% de las comunidades en el resguardo unificado embera chamí no cumplen con las condiciones para la implementación, mientras que el 80% en el resguardo gitó dokabú y embera katío son viables.

El análisis financiero indica un presupuesto total de \$ 32.208.744.372 para implementar en ambos resguardos, lo que refleja la necesidad de un compromiso financiero sólido a nivel municipal, departamental y nacional para asegurar la ejecución efectiva del plan maestro de saneamiento básico. Siendo crucial que todos los niveles de gobierno coordinen esfuerzos y aseguren los recursos necesarios, quedando la voluntad política para convertir esta propuesta en una realidad tangible y beneficiosa para las comunidades.

Pensando en las necesidades culturales y geográficas de otras zonas del país, las UCOS son una propuesta de proyecto que puede replicarse en otras comunidades indígenas, para mejorar su salud y promover un futuro más equitativo y sostenible para las comunidades.

7. REFERENCIAS

- Abra. E., Yeboha. C., Cucuna. L., Ampadu-Boakye. J. 2022. Insights from the free water mandate in Ghana. Report. Spotlight. Safe Water Network.
<https://safewaternetwork.docsend.com/view/ckyd4xhswpdtmubs>
- Agüero. P. R. 2003. Agua Potable para poblaciones rurales. Sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento. Asociación Servicios Educativos Rurales SER. Lima, Perú.
- Agualogic. 2022. <https://Www.Agualogic.Com/Contacto/>. 2022. Consultado el 7 de febrero de 2024
- Ayal. D., Khatri. R.B., Assefa. Y. 2022. Successes and Challenges of Health Systems Governance towards Universal Health Coverage and Global Health Security: A Narrative Review and Synthesis of the Literature. College of Medicine and Health Sciences University of Gondar, 2022.
<https://health-policy-systems.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s12961-022-00858-7.pdf>.
- Colpas. F. J. 2024. Informe de gestión 2023, lo esencial es para todos. Tierra Grata Org.
<https://tierragrata.org/impacto>
- Departamento Nacional de Planeación DNP. 2020. Construcción de Unidades Sanitarias Para Vivienda Rural Dispersa.
https://Proyectostipo.Dnp.Gov.Co/Index.Php?Option=com_k2&view=item&id=135:Construccion-de-Unidades-Sanitarias-Para-Vivienda-Rural-Dispersa&Itemid=212. 2021.
- Dombor. 2024. Diseño del sistema de distribución de agua.
<https://www.dombor.com/es/diseño-de-un-sistema-de-distribución-de-agua/#>. Consultado el 6 de agosto de 2024.
- Empresa Aguas y Aseo de Risaralda. 2023. Censo Resguardos Indígenas Municipio de Pueblo Rico, Risaralda.
- Florio. J., Organización de Naciones Unidas ONU. 2019. Tener Un Baño Es Imprescindible Para Salir de La Pobreza.
<https://News.Un.Org/Es/Story/2019/11/1465551> Consultado en noviembre 18, 2019.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC. 2017. Norma Técnica Colombiana NTC 1500.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 2019. Altitud Media de Los Municipios de Colombia: Municipio de Pueblo Rico, Risaralda.
- Jaramillo. M., Comité Internacional de la Cruz Roja. 2022. Colombia: Agua y Aulas Para Comunidades Indígenas de Chocó En Zonas de Conflicto.
<https://www.icrc.org/es/document/colombia-agua-y-aulas-para-comunidades-indigenas-de-choco> Consultado Febrero 7, 2024.
- Lifestraw Organization. 2023. Impact Report 2023. <https://lifestraw.com/pages/impact-report-2023>
- Lopera, R. 2020. Diseño Arquitectónico UCOS.
- López. C. R. A. 2003. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Segunda Edición. ISBN 9588060362, 9789588060361
- Mejía. J. J. 2024. Diseño de Unidades Comunitarias Sanitarias (UCOS) en los resguardos indígenas Embera chamí y Gitó dokabú de Risaralda.

- Mejía J. J. 2020. Registro Fotográfico 2020 Recorrido Comunidades Indígenas 2020.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. 17 de Marzo de 2015. Resolución 0631 Por la cual se establecen los *Parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones*. Bogotá D.C.
- Ministerio de Salud y Protección Social. 2018. Informe Técnico No. 123. Guía Para La Calidad Del Agua Potable y Consumo Humano En Colombia.
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. 2010. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO B. Sistemas de acueducto. Universidad de los Andes. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados CIACUA. 2 edición, 480 p. Bogotá, D.C. Colombia. ISBN: 978-958-8491-51-6 [recurso electrónico]
- Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. Antiguo Ministerio de Desarrollo. 2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico: TÍTULO E. Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá, D.C. Colombia.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. 8 de junio de 2017. Resolución 0330 Por la cual se establece el *Reglamento Técnico Del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS*. Bogotá D.C
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento de Perú (MVCS). 2018. Dirección General de Políticas y Regulación en Construcción y Saneamiento. Norma Técnica de Diseño: Opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural.
- Miyares. J & Organización de Naciones Unidas. 2014. La Defecación al Aire Libre Es Un Grave Problema de Salud. <https://News.Un.Org/Es/Audio/2014/11/1407531>. Consultado en noviembre 14, 2014.
- Pathak. B. 2011. Sulabh sanitation and social reform movement. International NGO Journal. Academic Journals. Vol. 6 (1), pp. 014-029, January 2011. DOI:10.5897/NGOJ10.018. <http://www.academicjournals.org/INGOJ>
- Pérez. C. R. 2010. Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas Para Edificaciones. Ecoe Ediciones. Sexta Edición. ISBN 978-958-648-677-4
- Petro. G., Márquez. F. 2022. Programa de Gobierno 2022-2026, 1–54.
- Ramalho, A. 1993. Reactor FAFA.
- Rodríguez. D. A. 2005. Diseños Hidráulicos, Sanitarios y de Gas En Edificaciones. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería 1st ed. ISBN 958-8060-49-4. Bogotá, Colombia.
- Romero. A., Muñoz A. 2019. Caracterización Pueblo Indígena Embera chamí. Procuraduría General de la Nación. Red Colombia Verde.
- Safe Water Network. USAID form the American people. 2023. Sustainable enterprises for water and health financial and operational performance of safe water enterprises in India. F&O Report. <https://safewaternetwork.docsend.com/view/hj6bwba66mjzzwzz>
- Safe Water Network. 2022. Our Story. The story of our founding and our growing global impact. <https://safewaternetwork.org/about/our-story/> Consultado Febrero 7, 2024.

- Sulab International Organization. 2024. Sanitation. Social cultural impact. <https://www.sulabhinternational.org/our-work/sanitation/#1713347517553-698a93da-8211> Consultado Febrero 7, 2024.
- Tierra Grata Org. 2021. Gracias a baños ecológicos, diez comunidades de La Guajira acceden por primera vez a saneamiento básico. <https://tierragrata.org/gracias-a-banos-ecologicos-diez-comunidades-de-la-guajira-acceden-por-primera-vez-a-saneamiento-basico>. Consultado Febrero 7, 2024.
- Ucross, V., Peláez, L. D. 2019. Volver a Ser Embera Después de La Guerra. <https://especiales.semana.com/volver-a-ser-embera-despues-del-conflicto-armado-en-colombia/index.html> Consultado en febrero 6, 2019.
- UNICEF. 2020. “State of the World’s Sanitation: An Urgent Call to Transform Sanitation for Better Health, Environments, Economies, and Societies.” <https://www.unicef.org/reports/state-worlds-sanitation>.