

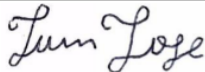
 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 1/33		

MEMORIA DE CÁLCULO

SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ

Sistemas de tratamiento en el sitio de origen — RAS, Título E

Campo	Descripción
Proyecto	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.
Municipio	Curumaní, Cesar
Documento N°	03CUR
Revisión	0A
Fecha	25 de junio de 2026
Elaboró	Juan José Oñate Arzuaga
M.P.	091037 – 0661809 CND
FIRMA	 ING. JUAN JOSE OÑATE ARZUAGA M.P. 091037 – 0661809 CND Especialista en Gerencia de Construcciones

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 2/33

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	OBJETIVO.....	5
3.	NORMATIVIDAD DE REFERENCIA	5
4.	CRITERIOS DE CALCULO	6
5.	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	6
5.1.	Población de diseño	6
5.2.	Tipo de establecimiento.....	7
5.3.	Contribución unitaria de aguas residuales.....	7
5.4.	Producción de lodos frescos.....	7
5.5.	Producción diaria de aguas residuales	8
5.6.	Resumen de parámetros y datos de diseño	8
6.	DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO	9
6.1.	Criterios normativos de diseño	9
6.2.	Parámetros empleados en el cálculo.....	10
6.3.	Cálculo del volumen útil del tanque séptico	12
6.4.	Adopción del volumen de diseño	13
6.5.	Resumen de diseño del tanque séptico	14
7.	DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE GRAVA	14
7.1.	Criterios de diseño establecidos por el RAS	15
7.2.	Parámetros de diseño	15
7.3.	Cálculo del volumen útil del filtro anaerobio.....	16
7.4.	Verificación del volumen mínimo.....	17
7.5.	Consideraciones geométricas del filtro anaerobio.....	18
7.6.	Material filtrante	19
7.7.	Resumen de diseño filtro anaeróbico	19
8.	DISEÑO DEL CAMPO DE INFILTRACIÓN	20
8.1.	Criterios de diseño establecidos por el RAS	20
8.2.	Caudal de diseño	21
8.3.	Tasa de aplicación hidráulica	21



8.4.	Determinación del área mínima de infiltración	21
8.5.	Ensayo de infiltración del terreno	22
8.6.	Configuración del campo de infiltración	23
8.7.	Longitud total de zanjas.....	23
8.8.	Número de zanjas.....	23
8.9.	Longitud de cada zanja.....	24
8.10.	Pendiente de las tuberías distribuidoras.....	24
8.11.	Diámetro de las tuberías perforadas	25
8.12.	Material granular	25
8.13.	Resumen de diseño campo de infiltración	25
9.	SELECCIÓN DE LA UNIDAD PREFABRICADA DE TRATAMIENTO	26
9.1.	Volumen requerido para el sistema de tratamiento	26
9.2.	Factor de holgura	27
9.3.	Selección de la capacidad comercial.....	28
9.4.	Verificación de utilización de la capacidad instalada.....	28
9.5.	Características de la unidad seleccionada	29
9.6.	Consideraciones constructivas.....	29
9.7.	Resumen de la capacidad de tratamiento.....	30
10.	CONCLUSIONES	30
10.1.	Cumplimiento de los criterios de diseño	30
10.2.	Tanque séptico	31
10.3.	Filtro anaerobio.....	31
10.4.	Campo de infiltración.....	31
10.5.	Unidad prefabricada seleccionada	31
10.6.	Operación y mantenimiento.....	32
10.7.	Conclusión general	32
10.8.	Recomendaciones para el área del campo de infiltración.....	33

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 4/33

Tablas

Tabla 5-1. Parámetros y datos de diseño.....	8
Tabla 6-1. Diseño del tanque séptico.....	14
Tabla 7-1. Diseño del filtro anaerobio.	19
Tabla 8-1. Diseño del campo de infiltración.....	26
Tabla 8-2. Características del tanque horizontal prefabricado en PEAD Tanque séptico + filtro anaerobio ..	29
Tabla 8-3. Resumen de la capacidad de tratamiento.	30

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 5/33		

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene la memoria de cálculo del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas proyectado para el Instituto Educativo Santa Isabel de Curumaní (Cesar), en el marco del proyecto **“MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR”**. El sistema corresponde a un esquema de tratamiento en el sitio de origen y está compuesto, en orden de flujo, por un tanque séptico, un filtro anaerobio de grava y un campo de infiltración para la disposición final del efluente. Se incluye además la verificación de la capacidad total de tratamiento y la selección de una unidad prefabricada en tanque horizontal.

2. OBJETIVO

La presente memoria de cálculo tiene por objeto desarrollar el dimensionamiento hidráulico y sanitario del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas proyectado para el Instituto Educativo Santa Isabel, localizado en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar, como parte del proyecto **“MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR”**.

El documento presenta de manera detallada el procedimiento de diseño de cada una de las unidades que conforman el sistema de tratamiento, incluyendo la determinación de la población de diseño, la estimación del caudal de aguas residuales, el cálculo del volumen del tanque séptico, el dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente y el diseño del sistema de disposición final mediante campo de infiltración.

Todos los procedimientos desarrollados corresponden a las metodologías establecidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, garantizando que las unidades proyectadas cumplan las condiciones hidráulicas, sanitarias y operacionales exigidas para sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales domésticas.

3. NORMATIVIDAD DE REFERENCIA

El diseño del sistema de tratamiento fue realizado conforme al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), adoptado en Colombia para el diseño, construcción y operación de los sistemas de abastecimiento de agua potable y saneamiento básico.

Particularmente, para el presente proyecto se aplican las disposiciones contenidas en el **Título E – Tratamiento de Aguas Residuales**, correspondiente a los sistemas de tratamiento en el sitio de origen, el cual establece los criterios mínimos para el diseño hidráulico y sanitario de tanques sépticos, filtros anaerobios y sistemas de infiltración.

Las ecuaciones empleadas, así como los parámetros de diseño utilizados, provienen directamente de dicho reglamento, garantizando que el sistema propuesto cumpla las condiciones mínimas de funcionamiento y eficiencia.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 6/33

El diseño se fundamenta principalmente en los siguientes apartados del RAS:

- Tanque séptico: numeral E.3.4 y Ecuación E.7.1; Tablas E.7.1, E.7.2, E.7.3 y E.3.3.
- Filtro anaerobio de grava: numeral E.3.4.3.5; Ecuación E.7.2 (volumen) y Ecuación E.3.1 (área).
- Campo de infiltración: numeral E.3.5.1; Tablas E.3.4 (dimensiones) y E.3.5 (áreas de absorción).

4. CRITERIOS DE CALCULO

El sistema de tratamiento fue concebido para operar por gravedad y atender exclusivamente aguas residuales domésticas provenientes de las instalaciones sanitarias del establecimiento educativo.

El esquema de tratamiento seleccionado corresponde al recomendado por el RAS para este tipo de edificaciones, conformado por:

- Tratamiento primario mediante tanque séptico.
- Tratamiento secundario mediante filtro anaerobio.
- Disposición final mediante infiltración en el terreno.

Esta configuración presenta alta confiabilidad operacional, bajos requerimientos de mantenimiento, ausencia de consumo energético y facilidad constructiva, condiciones que la hacen apropiada para instituciones educativas localizadas en zonas donde no existe sistema público de alcantarillado sanitario.

5. PARÁMETROS DE DISEÑO

5.1. Población de diseño

La población de diseño corresponde al número máximo de usuarios permanentes que harán uso de las instalaciones sanitarias del establecimiento educativo durante su operación normal.

Para el presente proyecto se adopta una población de diseño de:

$$N = 342 \text{ usuarios}$$

donde:

N = número de contribuyentes al sistema.

Este valor constituye el parámetro fundamental para el dimensionamiento de todas las unidades hidráulicas del sistema de tratamiento.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 7/33		

5.2. Tipo de establecimiento

De acuerdo con la clasificación establecida por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, el proyecto corresponde a un establecimiento del tipo **Escuelas**, razón por la cual los parámetros de generación de aguas residuales y producción de lodos deben adoptarse directamente de la Tabla E.7.1 del RAS.

Esta clasificación permite emplear valores estadísticos obtenidos para instituciones educativas, garantizando que el diseño represente adecuadamente las condiciones reales de operación del sistema.

5.3. Contribución unitaria de aguas residuales

La contribución unitaria representa el volumen promedio diario de aguas residuales producido por cada usuario del establecimiento.

Según la Tabla E.7.1 del RAS, para establecimientos educativos se adopta:

$$C = 50 \frac{L}{\text{usuario} \cdot \text{día}}$$

donde:

C = contribución unitaria de aguas residuales.

Este valor incorpora el consumo esperado de agua asociado al uso de sanitarios, lavamanos y demás aparatos hidráulicos presentes en una institución educativa.

5.4. Producción de lodos frescos

Durante el proceso de sedimentación desarrollado en el tanque séptico se produce una acumulación gradual de lodos, cuyo volumen debe ser considerado dentro del dimensionamiento de la unidad.

El RAS establece para instituciones educativas una producción de lodos frescos igual a:

$$L_f = 0.20 \frac{L}{\text{usuario} \cdot \text{día}}$$

donde:

L_f corresponde a la producción diaria de lodos frescos por usuario.

Este parámetro permite determinar el volumen adicional requerido para almacenar los lodos entre los períodos de limpieza programados.

5.5. Producción diaria de aguas residuales

El caudal promedio diario de aguas residuales se obtiene multiplicando la población de diseño por la contribución unitaria establecida para el tipo de establecimiento.

La expresión utilizada es:

$$Q = N \times C$$

donde:

- Q = Producción diaria de aguas residuales (L/día)
- N = Número de usuarios
- C = Contribución unitaria

Sustituyendo los valores adoptados:

$$Q = 342 \times 50$$

$$Q = 17100 \text{ L/día}$$

Equivalente a:

$$Q = 17.10 \text{ m}^3/\text{día}$$

Este caudal constituye el volumen diario que deberá ser tratado por el sistema de tratamiento proyectado y será empleado en el dimensionamiento del tanque séptico, del filtro anaerobio y del sistema de infiltración.

5.6. Resumen de parámetros y datos de diseño

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Número de contribuyentes (N)	342	und	—
Tipo de predio	Escuelas	—	Tabla E.7.1
Contribución unitaria (C)	50	L/und·día	Tabla E.7.1
Contribución de lodo fresco (Lf)	0,20	L/und·día	Tabla E.7.1
Contribución diaria total	17.100	L/día	$Q = N \cdot C$
Período de retención (T)	0,50	días	Tabla E.7.2
Período de retención (T)	12	horas	Tabla E.7.2
Temperatura ambiente media	28	°C	—
Intervalo de limpieza	1	años	Tabla E.7.3
Tasa de acumulación de lodos (K)	57	días	Tabla E.7.3

Tabla 5-1. Parámetros y datos de diseño.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 9/33		

6. DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO

El tanque séptico constituye la primera unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y corresponde al tratamiento primario del tren de depuración. Su función principal consiste en separar los sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual, reduciendo la carga contaminante antes de que el efluente sea conducido hacia el filtro anaerobio.

El proceso de tratamiento dentro del tanque séptico ocurre de manera natural mediante fenómenos físicos y biológicos. En primer lugar, la disminución de la velocidad del flujo favorece la sedimentación de las partículas de mayor densidad, formando una capa de lodos en el fondo del tanque. Simultáneamente, las grasas, aceites y materiales flotantes ascienden hasta la superficie formando una costra superficial.

Entre ambas capas permanece una zona de líquido clarificado, desde donde se descarga el efluente hacia la siguiente unidad de tratamiento.

Durante el tiempo de permanencia dentro del tanque se desarrolla además un proceso de digestión anaerobia, mediante el cual los microorganismos degradan parcialmente la materia orgánica retenida, disminuyendo el volumen de lodos y estabilizando los residuos acumulados.

El correcto dimensionamiento del tanque séptico garantiza:

- Un tiempo suficiente para la sedimentación de sólidos.
- Una adecuada digestión anaerobia.
- La reducción de sólidos suspendidos.
- La disminución de la carga orgánica aplicada al filtro anaerobio.
- La acumulación de lodos durante el período previsto entre limpiezas.

De acuerdo con el RAS, el volumen útil del tanque debe considerar simultáneamente el volumen necesario para la retención hidráulica y el almacenamiento de los lodos producidos durante el intervalo de mantenimiento adoptado.

6.1. Criterios normativos de diseño

El dimensionamiento del tanque séptico se realiza conforme al numeral E.3.4 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), utilizando la metodología establecida en la Ecuación E.7.1.

Esta metodología considera que el volumen total del tanque está conformado por dos componentes principales:

- Volumen destinado a la retención hidráulica del agua residual.
- Volumen destinado al almacenamiento de lodos digeridos.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 10/33		

Adicionalmente, el RAS incorpora un volumen fijo de 1000 litros que garantiza condiciones mínimas de funcionamiento aun para sistemas de pequeña capacidad.

Para el presente proyecto se adoptan los parámetros establecidos por el RAS para instituciones educativas, utilizando la población proyectada del establecimiento y un intervalo de limpieza anual.

6.2. Parámetros empleados en el cálculo

Antes de desarrollar la ecuación es conveniente definir el significado físico de cada una de las variables involucradas.

Número de contribuyentes (N)

Corresponde al número de personas que descargan sus aguas residuales al sistema.

$$N = 342 \text{ usuarios}$$

Contribución unitaria (C)

Representa la cantidad promedio de agua residual producida diariamente por cada usuario.

Según la Tabla E.7.1 del RAS:

$$C = 50 \frac{L}{\text{usuario} \cdot \text{día}}$$

Tiempo de retención hidráulica (T)

El tiempo de retención hidráulica representa el período durante el cual el agua residual permanece dentro del tanque séptico.

Este parámetro es fundamental para permitir la sedimentación de los sólidos y la digestión parcial de la materia orgánica.

El RAS establece que el tiempo de retención depende del caudal diario generado.

En el presente proyecto se obtuvo previamente una producción diaria de:

$$Q = 17100 \text{ L/día}$$

Consultando la Tabla E.7.2 del RAS, para caudales superiores a 9000 L/día corresponde:

$$T = 0.50 \text{ días}$$

equivalente a

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 11/33		

$$T = 12 \text{ horas}$$

Este tiempo garantiza que las partículas sedimentables puedan depositarse adecuadamente en el fondo del tanque antes de abandonar la unidad.

Producción de lodos frescos (Lf)

Durante el funcionamiento del tanque séptico parte de la materia orgánica retenida se transforma en lodos.

El RAS establece para establecimientos educativos:

$$L_f = 0.20 \frac{L}{\text{usuario} \cdot \text{día}}$$

Este valor representa el volumen diario de lodos producido por cada usuario.

Tasa de acumulación de lodos digeridos (K)

No todos los lodos generados permanecen en el tanque, ya que una parte importante es degradada mediante digestión anaerobia.

Por esta razón el RAS incorpora un coeficiente denominado **tasa de acumulación de lodos digeridos (K)**, el cual depende de:

- Temperatura media del sitio.
- Intervalo entre limpiezas.

Para Curumaní se adopta una temperatura media anual de aproximadamente:

$$28^{\circ}C$$

y un intervalo de limpieza de:

$$1 \text{ año}$$

Consultando la Tabla E.7.3 del RAS se obtiene:

$$K = 57 \text{ días}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 12/33		

Este valor representa el número equivalente de días durante los cuales se acumulan los lodos estabilizados dentro del tanque.

6.3. Cálculo del volumen útil del tanque séptico

El volumen útil se determina mediante la Ecuación E.7.1 del RAS:

$$V_u = 1000 + N(C \cdot T + K \cdot L_f)$$

donde:

- V_u = volumen útil del tanque (L)
- N = número de usuarios
- C = contribución unitaria de aguas residuales (L/usuario-día)
- T = tiempo de retención (días)
- K = tasa de acumulación de lodos (días)
- L_f = producción diaria de lodos (L/usuario-día)

La ecuación considera simultáneamente el volumen hidráulico necesario para el tratamiento del agua residual y el volumen requerido para almacenar los lodos producidos durante el período comprendido entre dos limpiezas consecutivas.

Sustituyendo los parámetros adoptados:

$$V_u = 1000 + 342[(50)(0.50) + (57)(0.20)]$$

Se resuelven primero las operaciones dentro del paréntesis.

Volumen correspondiente al tiempo de retención:

$$50 \times 0.50 = 25.0$$

Volumen correspondiente al almacenamiento de lodos:

$$57 \times 0.20 = 11.40$$

Por tanto:

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 13/33		

$$V_u = 1000 + 342(25.00 + 11.40)$$

$$V_u = 1000 + 342(36.40)$$

Multiplicando:

$$342 \times 36.40 = 12448.80$$

Finalmente:

$$V_u = 1000 + 12448.80$$

$$V_u = 13448.80 \text{ litros}$$

Convirtiendo a metros cúbicos:

$$V_u = \frac{13448.80}{1000}$$

$$V_u = 13.45 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen útil mínimo requerido para el tanque séptico del Instituto Educativo Santa Isabel es de **13,45 m³**, valor que cumple con los criterios establecidos por el RAS para la población y condiciones de operación consideradas.

6.4. Adopción del volumen de diseño

Aunque el volumen calculado corresponde a 13,45 m³, para efectos constructivos se adopta un volumen de diseño de:

$$V = 13.50 \text{ m}^3$$

La diferencia entre el volumen calculado y el volumen adoptado proporciona un margen adicional que facilita la construcción de la unidad y garantiza que el volumen útil disponible nunca sea inferior al exigido por la normativa.

La adopción de valores ligeramente superiores al mínimo calculado constituye una práctica habitual de ingeniería, ya que mejora la flexibilidad operacional del sistema y evita pérdidas de capacidad asociadas a tolerancias constructivas.

6.5. Resumen de diseño del tanque séptico

Parámetro	Valor	Unidad	Fórmula / Referencia
Número de contribuyentes (Nc)	342	und	—
Contribución unitaria (C)	50	L/und·día	Tabla E.7.1
Período de retención (T)	0,50	días	Tabla E.7.2
Tasa de acumulación de lodos (K)	57	días	Tabla E.7.3
Contribución de lodo fresco (Lf)	0,20	L/und·día	Tabla E.7.1
Volumen útil (Vu)	13.448,8	L	$Vu = 1000 + Nc \cdot (C \cdot T + K \cdot Lf)$
Volumen útil (Vu)	13,45	m³	Ec. E.7.1
Volumen adoptado	13,50	m³	—
Profundidad útil mínima	1,80	m	Tabla E.3.3
Profundidad útil máxima	2,80	m	Tabla E.3.3
Profundidad útil adoptada (Pu)	1,50	m	E.3.4.3.3
Relación largo:ancho (L/B)	2,0	—	E.3.4.3.3 (2:1 a 4:1)
Área útil	9,00	m²	$A = Vu / Pu$
Ancho (B)	2,12	m	—
Largo (L)	4,24	m	—
Borde libre	0,30	m	—
Altura total del tanque	1,80	m	—
Número de cámaras	2	und	E.3.4.3.4

Tabla 6-1. Diseño del tanque séptico.

7. DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBIO DE GRAVA

El filtro anaerobio de grava constituye la segunda unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales y corresponde al tratamiento biológico secundario del efluente proveniente del tanque séptico. Su finalidad es incrementar la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos suspendidos remanentes, mejorando la calidad del agua antes de su disposición final en el terreno mediante el campo de infiltración.

A diferencia del tanque séptico, donde predominan los procesos físicos de sedimentación y flotación, el filtro anaerobio basa su funcionamiento en procesos biológicos. El agua residual circula lentamente a través de un medio filtrante conformado por grava de granulometría uniforme, sobre cuya superficie se desarrolla una biopelícula integrada por microorganismos anaerobios.

Estos microorganismos utilizan la materia orgánica presente en el agua residual como fuente de alimento y energía, transformándola mediante procesos de digestión anaerobia en compuestos más estables, reduciendo la carga contaminante del efluente.

El medio filtrante cumple simultáneamente dos funciones principales:

- Servir como soporte físico para el crecimiento de la biomasa anaerobia.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 15/33		

- Favorecer el contacto entre el agua residual y los microorganismos adheridos al material granular.

Como resultado, el filtro anaerobio incrementa significativamente la eficiencia global del sistema de tratamiento, permitiendo obtener un efluente con menor concentración de sólidos suspendidos y materia orgánica, adecuado para su infiltración en el suelo.

7.1. Criterios de diseño establecidos por el RAS

El diseño del filtro anaerobio se realiza conforme a lo establecido en el numeral **E.3.4.3.5** del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

El reglamento establece que el volumen útil del medio filtrante debe calcularse mediante la Ecuación E.7.2, la cual depende exclusivamente de:

- La población de diseño.
- La contribución unitaria de aguas residuales.
- El tiempo de retención hidráulica.

El RAS establece además las siguientes condiciones mínimas para este tipo de unidades:

- Volumen útil mínimo de 1.250 L.
- Profundidad útil del medio filtrante de 1,80 m.
- Medio filtrante conformado por grava limpia, resistente y durable.
- Sistema adecuado de distribución y recolección del flujo.
- Operación completamente anaerobia.

Estas condiciones garantizan el tiempo de contacto necesario entre el agua residual y la biomasa adherida al medio filtrante, permitiendo alcanzar las eficiencias de remoción previstas para este tipo de sistemas.

7.2. Parámetros de diseño

Para el cálculo del volumen útil del filtro anaerobio se emplean los mismos parámetros básicos utilizados para el diseño del tanque séptico.

Número de usuarios

Corresponde a la población que descarga aguas residuales al sistema.

$$N = 342 \text{ usuarios}$$

Contribución unitaria

Para instituciones educativas, el RAS establece:

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 16/33		

$$C = 50 \frac{L}{\text{usuario} \cdot \text{día}}$$

Tiempo de retención

De acuerdo con la Tabla E.7.2 del RAS:

$$T = 0.50 \text{ días}$$

equivalente a

$$12 \text{ horas}$$

Coefficiente de diseño

La Ecuación E.7.2 incorpora un coeficiente igual a:

$$1.60$$

Este coeficiente corresponde a un factor empírico establecido por el RAS para estimar el volumen requerido del medio filtrante, considerando la eficiencia típica de los filtros anaerobios de grava utilizados en sistemas individuales de tratamiento.

7.3. Cálculo del volumen útil del filtro anaerobio

El volumen útil del filtro se obtiene mediante la Ecuación E.7.2 del RAS:

$$V_f = 1.60 \times N \times C \times T$$

donde:

- V_f = volumen útil del filtro (L)
- N = número de usuarios
- C = contribución unitaria de aguas residuales
- T = tiempo de retención

Sustituyendo los valores del proyecto:

$$V_f = 1.60 \times 342 \times 50 \times 0.50$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 17/33		

Se resuelven las operaciones paso a paso.

Primero:

$$50 \times 0.50 = 25$$

Luego:

$$342 \times 25 = 8550$$

Finalmente:

$$1.60 \times 8550 = 13680$$

Por lo tanto,

$$V_f = 13680 \text{ litros}$$

Expresando el resultado en metros cúbicos:

$$V_f = \frac{13680}{1000}$$

$$V_f = 13.68 \text{ m}^3$$

El volumen útil calculado corresponde a la capacidad mínima requerida del medio filtrante para garantizar el adecuado tratamiento biológico del caudal generado por la población de diseño.

7.4. Verificación del volumen mínimo

El numeral E.3.4.3.5 del RAS establece que el volumen útil del filtro anaerobio no podrá ser inferior a:

$$1250 \text{ litros}$$

Comparando ambos valores:

Volumen calculado:

$$13680 \text{ litros}$$

Volumen mínimo exigido:

$$1250 \text{ litros}$$

Se verifica que:

$$13680 > 1250$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 18/33		

Por lo tanto, el volumen útil calculado cumple ampliamente con el requisito mínimo establecido por la reglamentación vigente.

7.5. Consideraciones geométricas del filtro anaerobio

El RAS establece que la profundidad útil del medio filtrante debe ser de **1,80 m**, medida desde la superficie superior del material filtrante hasta el sistema de distribución inferior.

En filtros construidos en sitio, esta profundidad permite calcular el área horizontal requerida mediante la siguiente expresión:

$$A_h = \frac{V_f}{h}$$

donde:

- A_h = área horizontal del filtro (m²)
- V_f = volumen útil (m³)
- h = profundidad útil (m)

Sustituyendo los valores obtenidos:

$$A_h = \frac{13.68}{1.80}$$

$$A_h = 7.60 \text{ m}^2$$

En un diseño convencional de planta circular, el diámetro equivalente se determina mediante:

$$D = \sqrt{\frac{4A_h}{\pi}}$$

Sustituyendo:

$$D = \sqrt{\frac{4(7.60)}{3.1416}}$$

$$D = \sqrt{9.676}$$

$$D = 3.11 \text{ m}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 19/33		

Este valor cumple con las restricciones geométricas establecidas por el RAS para filtros anaerobios construidos en sitio.

No obstante, para el presente proyecto estas verificaciones se incluyen únicamente como comprobación del volumen hidráulico requerido, debido a que el sistema será implementado mediante una **unidad prefabricada horizontal**, en la cual el filtro anaerobio hace parte integral del tanque de tratamiento. En consecuencia, las dimensiones finales de la unidad corresponden a las especificaciones del fabricante y no a un filtro independiente construido en concreto.

7.6. Material filtrante

El medio filtrante deberá estar constituido por grava limpia, dura y resistente, libre de materia orgánica, finos, arcillas o materiales susceptibles de degradación.

La granulometría deberá garantizar espacios vacíos suficientes para favorecer el flujo uniforme del agua residual y evitar obstrucciones prematuras, además de proporcionar una superficie específica adecuada para el desarrollo de la biopelícula anaerobia.

El sistema deberá incorporar dispositivos de distribución y recolección del flujo que permitan una utilización uniforme de todo el volumen filtrante, evitando zonas muertas o cortocircuitos hidráulicos que reduzcan la eficiencia del tratamiento.

7.7. Resumen de diseño filtro anaeróbico

Parámetro	Valor	Unidad	Fórmula / Referencia
Número de contribuyentes (N)	342	und	—
Contribución unitaria (C)	50	L/und-día	Tabla E.7.1
Período de retención (T)	0,50	días	Tabla E.7.2
Coeficiente	1,60	—	Ec. E.7.2
Volumen útil mínimo	1.250	L	E.3.4.3.5.3
Volumen filtrante calculado (Vf)	13.680	L	$V_f = 1,60 \cdot N \cdot C \cdot T$
Volumen útil adoptado	13.680	L	—
Volumen útil adoptado	13,68	m³	—
Profundidad útil (h)	1,80	m	E.3.4.3.5.3 (fija)
Área horizontal (Ah)	7,60	m²	$A_h = V_u / 1,80$ (Ec. E.3.1)
Diámetro (sección circular)	3,11	m	$\varnothing = \sqrt{(4 \cdot A_h / \pi)}$
Diámetro / largo máximo (3·h)	5,40	m	E.3.4.3.5.3
Borde libre	0,30	m	—
Altura total del filtro	2,10	m	—

Tabla 7-1. Diseño del filtro anaerobio.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 20/33		

8. DISEÑO DEL CAMPO DE INFILTRACIÓN

El campo de infiltración constituye la última unidad del sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y tiene como finalidad disponer el efluente tratado mediante su infiltración controlada en el terreno natural.

A diferencia de un sistema de descarga superficial, el campo de infiltración aprovecha la capacidad natural del suelo para completar el proceso de depuración del agua residual. Durante el paso del efluente a través de los poros del terreno ocurren procesos físicos, químicos y biológicos que permiten una remoción adicional de materia orgánica, microorganismos patógenos y nutrientes, antes de que el agua alcance los estratos inferiores del subsuelo.

El sistema consiste en una red de zanjas rellenas con material granular, dentro de las cuales se instalan tuberías perforadas encargadas de distribuir uniformemente el efluente proveniente del filtro anaerobio. La infiltración se produce a través del fondo y las paredes laterales de las zanjas, permitiendo que el suelo actúe como un medio filtrante complementario.

El adecuado funcionamiento del campo de infiltración depende principalmente de las características de permeabilidad del terreno, razón por la cual el RAS establece que su diseño debe basarse en la capacidad de absorción del suelo y en los resultados de los ensayos de infiltración o percolación realizados en el sitio.

8.1. Criterios de diseño establecidos por el RAS

El diseño del campo de infiltración se desarrolla conforme a lo establecido en el numeral **E.3.5 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS**, el cual establece los criterios mínimos para la disposición final del efluente tratado.

Entre las principales condiciones exigidas por la reglamentación se encuentran:

- El efluente deberá provenir de un sistema de tratamiento primario o secundario.
- La tasa de aplicación hidráulica no deberá exceder la capacidad de infiltración del terreno.
- El ancho de las zanjas deberá estar comprendido entre 0,45 m y 0,75 m.
- La longitud máxima de cada zanja será de 30 m.
- La pendiente de las tuberías perforadas deberá mantenerse entre 0,3 % y 0,5 %.
- El diámetro de las tuberías distribuidoras deberá encontrarse entre 100 mm y 150 mm.

Estas condiciones buscan garantizar una distribución uniforme del caudal, evitando concentraciones excesivas de flujo que puedan ocasionar saturación del terreno o disminución de la eficiencia del sistema.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 21/33		

8.2. Caudal de diseño

El caudal aplicado al campo de infiltración corresponde al caudal promedio diario generado por la población de diseño y previamente calculado en el Capítulo 5.

La producción diaria de aguas residuales es:

$$Q = 17100 \text{ L/día}$$

equivalente a:

$$Q = 17.10 \text{ m}^3/\text{día}$$

Este caudal representa el volumen máximo que deberá infiltrarse diariamente en el terreno durante la operación normal del establecimiento educativo.

8.3. Tasa de aplicación hidráulica

La tasa de aplicación representa el volumen máximo de agua residual que puede infiltrarse diariamente por cada metro cuadrado de superficie del campo de infiltración.

El numeral E.3.5.1.3 del RAS establece que dicha tasa no deberá superar:

$$100 \frac{L}{\text{día} \cdot \text{m}^2}$$

La adopción de este valor garantiza que el suelo disponga del tiempo suficiente para absorber el agua residual sin llegar a condiciones de saturación permanente.

En consecuencia, para el presente diseño se adopta:

$$T_a = 100 \frac{L}{\text{día} \cdot \text{m}^2}$$

8.4. Determinación del área mínima de infiltración

El área requerida se determina dividiendo el caudal diario entre la tasa de aplicación adoptada.

La expresión utilizada es:

$$A = \frac{Q}{T_a}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 22/33		

donde:

- A = Área de infiltración requerida (m^2)
- Q = Caudal diario (L/día)
- T_a = Tasa de aplicación (L/día· m^2)

Sustituyendo los valores:

$$A = \frac{17100}{100}$$

$$A = 171 \, m^2$$

Por lo tanto, el sistema requiere una superficie mínima de infiltración de:

$$A = 171 \, m^2$$

Esta área garantiza que el volumen diario generado pueda infiltrarse sin sobrecargar hidráulicamente el terreno.

8.5. Ensayo de infiltración del terreno

La capacidad de absorción del suelo depende de sus características físicas, tales como textura, estructura, contenido de humedad y permeabilidad.

Para estimar esta capacidad, el RAS recomienda realizar un ensayo de percolación o infiltración, mediante el cual se determina el tiempo requerido para que un volumen determinado de agua sea absorbido por el terreno.

Para el presente proyecto se adopta un tiempo de infiltración de:

5 minutos

Con base en la Tabla E.3.5 del RAS, este tiempo corresponde a un área de absorción de referencia de:

- **7,5 m^2 por cuarto sanitario, o**
- **1,2 m^2 por salón,** según el tipo de ocupación del establecimiento.

Estos valores constituyen una verificación complementaria del área calculada mediante la tasa de aplicación hidráulica.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 23/33		

8.6. Configuración del campo de infiltración

Una vez determinada el área total requerida, se procede al dimensionamiento de las zanjas de infiltración.

El RAS establece que el ancho del fondo debe encontrarse entre:

$$0.45 \text{ m} \leq B \leq 0.75 \text{ m}$$

Con el propósito de facilitar la construcción y optimizar la superficie de infiltración, se adopta un ancho de:

$$B = 0.60 \text{ m}$$

Este valor se encuentra dentro del rango permitido por la normativa y proporciona un adecuado equilibrio entre longitud de zanjas y facilidad constructiva.

8.7. Longitud total de zanjas

La longitud total requerida se obtiene dividiendo el área de infiltración entre el ancho adoptado para las zanjas.

La expresión utilizada es:

$$L = \frac{A}{B}$$

Sustituyendo:

$$L = \frac{171}{0.60}$$

$$L = 285 \text{ m}$$

Por lo tanto, la longitud total de zanjas necesaria para el proyecto es de:

$$L = 285 \text{ metros}$$

8.8. Número de zanjas

El Reglamento Técnico establece que la longitud máxima recomendada para cada zanja es de:

$$30 \text{ metros}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 24/33		

Por consiguiente, el número mínimo de zanjas necesarias se obtiene mediante:

$$N = \frac{285}{30}$$

$$N = 9.5$$

Como no es posible construir media zanja, se adopta el número entero inmediatamente superior.

Por lo tanto:

$$N = 10 \text{ zanjas}$$

8.9. Longitud de cada zanja

La longitud individual se obtiene distribuyendo uniformemente la longitud total requerida.

$$L_z = \frac{285}{10}$$

$$L_z = 28.5 \text{ m}$$

Cada zanja tendrá una longitud inferior al máximo permitido por el RAS, garantizando una distribución uniforme del efluente.

8.10. Pendiente de las tuberías distribuidoras

Con el fin de asegurar un flujo uniforme a lo largo de toda la longitud de las zanjas, el RAS recomienda que la pendiente longitudinal de las tuberías perforadas se mantenga entre:

$$0.3\% \leq i \leq 0.5\%$$

Para el presente diseño se adopta:

$$i = 0.40\%$$

Esta pendiente permite mantener velocidades bajas de circulación, favoreciendo una distribución homogénea del agua residual sobre toda la superficie de infiltración.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 25/33		

8.11. Diámetro de las tuberías perforadas

Las tuberías encargadas de distribuir el efluente dentro del campo de infiltración deberán cumplir con los requisitos dimensionales establecidos en la Tabla E.3.4 del RAS.

El reglamento recomienda diámetros comprendidos entre:

$$100 \text{ mm} \leq D \leq 150 \text{ mm}$$

Para el presente proyecto se adopta:

$$D = 100 \text{ mm}$$

Este diámetro proporciona capacidad suficiente para conducir el caudal de diseño sin generar pérdidas de carga significativas y facilita la construcción del sistema.

8.12. Material granular

Las zanjas deberán rellenarse con grava limpia, dura y resistente, con tamaños comprendidos entre aproximadamente 10 mm y 60 mm.

El material granular cumple varias funciones fundamentales:

- Distribuir uniformemente el efluente alrededor de la tubería perforada.
- Incrementar la superficie de infiltración.
- Evitar el colapso de las paredes de la excavación.
- Favorecer la aireación natural del terreno.
- Reducir el riesgo de obstrucción de las perforaciones de la tubería.

Sobre la grava deberá colocarse una capa de geotextil no tejido que impida la migración de partículas finas provenientes del terreno natural, prolongando la vida útil del sistema.

8.13. Resumen de diseño campo de infiltración

Parámetro	Valor	Unidad	Fórmula / Referencia
Caudal a infiltrar (Q)	17.100	L/día	≈ contribución diaria
Tasa de aplicación	100	L/día·m²	E.3.5.1.3 (≤ 100)
Área de absorción requerida	171,00	m²	$A = Q / \text{tasa}$
Tiempo de infiltración	5	min	Ensayo de percolación
Área de absorción por cuarto	7,5	m²/cuarto	Tabla E.3.5
Área de absorción por salón	1,2	m²/salón	Tabla E.3.5



Parámetro	Valor	Unidad	Fórmula / Referencia
Ancho del fondo	0,60	m	Tabla E.3.4 (0,45–0,75)
Largo máximo por zanja	30	m	Tabla E.3.4 (≤ 30)
Longitud total de zanjas	285,00	m	$L = A / \text{ancho}$
Número de zanjas	10	und	—
Longitud por zanja	28,50	m	—
Pendiente	0,4	%	Tabla E.3.4 (0,3–0,5)
Diámetro de canales	0,10	m	Tabla E.3.4 (0,10–0,15)

Tabla 8-1. Diseño del campo de infiltración.

9. SELECCIÓN DE LA UNIDAD PREFABRICADA DE TRATAMIENTO

Una vez determinadas las capacidades hidráulicas requeridas para el tanque séptico y el filtro anaerobio, se procede a seleccionar la unidad de tratamiento que será instalada en el proyecto.

Para el Instituto Educativo Santa Isabel se propone la utilización de una **unidad prefabricada horizontal en polietileno de alta densidad (PEAD)**, diseñada específicamente para sistemas individuales de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Este tipo de unidades integra dentro de un mismo tanque las cámaras correspondientes al tanque séptico y al filtro anaerobio, permitiendo desarrollar las diferentes etapas del tratamiento sin necesidad de construir estructuras independientes en concreto.

La utilización de una unidad prefabricada presenta importantes ventajas técnicas y constructivas, entre las cuales se destacan:

- Reducción significativa de los tiempos de construcción.
- Eliminación de juntas entre estructuras independientes.
- Mayor hermeticidad del sistema.
- Menor riesgo de infiltraciones o exfiltraciones.
- Facilidad de transporte e instalación.
- Menor mantenimiento durante la vida útil.
- Mejor control de calidad al ser fabricada industrialmente.

Estas características hacen que este tipo de solución resulte especialmente adecuada para instituciones educativas ubicadas en zonas donde no existe un sistema público de alcantarillado sanitario.

9.1. Volumen requerido para el sistema de tratamiento

La capacidad total de la unidad corresponde a la suma de los volúmenes requeridos para el tanque séptico y el filtro anaerobio.

Los valores obtenidos en los capítulos anteriores son:

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 27/33		

Volumen del tanque séptico

$$V_{TS} = 13.45 \text{ m}^3$$

Volumen del filtro anaerobio

$$V_{FA} = 13.68 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen total requerido para el sistema es:

$$V_T = V_{TS} + V_{FA}$$

Sustituyendo:

$$V_T = 13.45 + 13.68$$

$$V_T = 27.13 \text{ m}^3$$

Equivalente a:

$$V_T = 27130 \text{ litros}$$

Este valor representa la capacidad hidráulica mínima requerida para garantizar el funcionamiento conjunto del tanque séptico y del filtro anaerobio.

9.2. Factor de holgura

En el diseño de unidades prefabricadas es recomendable incorporar un margen adicional de capacidad con el fin de absorber pequeñas variaciones derivadas de:

- Incrementos moderados en la población atendida.
- Fluctuaciones en la generación de aguas residuales.
- Tolerancias propias del proceso constructivo.
- Variaciones operacionales durante la vida útil del sistema.

Para el presente proyecto se adopta un **factor de holgura del 10 %**, valor comúnmente utilizado para la selección de capacidades comerciales.

La expresión utilizada es:

$$V_H = V_T(1 + F)$$

donde:

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 28/33		

- V_H = volumen con holgura.
- V_T = volumen total requerido.
- F = factor de holgura.

Sustituyendo:

$$V_H = 27.13(1 + 0.10)$$

$$V_H = 27.13(1.10)$$

$$V_H = 29.84 \text{ m}^3$$

Expresado en litros:

$$V_H = 29840 \text{ litros}$$

Por consiguiente, la unidad seleccionada deberá tener una capacidad comercial igual o superior a **29,84 m³**.

9.3. Selección de la capacidad comercial

Los fabricantes de sistemas prefabricados producen unidades con capacidades nominales estandarizadas, razón por la cual el volumen calculado normalmente no coincide exactamente con una capacidad comercial disponible.

Considerando el volumen requerido de **29,84 m³**, se selecciona la capacidad inmediatamente superior disponible en el mercado.

En consecuencia, se adopta una unidad prefabricada de:

$$V = 30000 \text{ litros}$$

equivalente a:

$$V = 30.0 \text{ m}^3$$

La selección de esta capacidad garantiza que el sistema opere dentro de los márgenes de diseño establecidos por el RAS, manteniendo un pequeño volumen de reserva que mejora las condiciones hidráulicas del tratamiento.

9.4. Verificación de utilización de la capacidad instalada

Con el fin de evaluar el grado de aprovechamiento de la unidad seleccionada, se determina el porcentaje de utilización del volumen disponible.

La expresión utilizada es:

$$U = \frac{V_T}{V_C} \times 100$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 29/33		

donde:

- U = utilización de la capacidad instalada.
- V_T = volumen requerido.
- V_C = capacidad comercial.

Sustituyendo:

$$U = \frac{27.13}{30.00} \times 100$$

$$U = 90.43\%$$

Esto significa que la unidad trabajará aproximadamente al **90 % de su capacidad nominal**, conservando un margen de reserva cercano al **10 %**, condición considerada adecuada desde el punto de vista hidráulico y operacional.

9.5. Características de la unidad seleccionada

La unidad prefabricada propuesta presenta las siguientes características generales:

Característica	Valor
Capacidad nominal	30 000 L
Tipo	Tanque horizontal prefabricado
Material	Polietileno de alta densidad (PEAD)
Tratamiento incorporado	Tanque séptico + filtro anaerobio
Longitud	7,24 m
Ancho	2,30 m
Altura	2,46 m

Tabla 8-2. Características del tanque horizontal prefabricado en PEAD Tanque séptico + filtro anaerobio

La unidad incorpora internamente las cámaras necesarias para el tratamiento primario y secundario, permitiendo desarrollar de manera continua las etapas de sedimentación, digestión anaerobia y filtración biológica antes de conducir el efluente hacia el campo de infiltración.

9.6. Consideraciones constructivas

La instalación de la unidad deberá realizarse siguiendo las recomendaciones del fabricante y las especificaciones técnicas del proyecto.

Para garantizar su correcto funcionamiento se deberán considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Excavación con dimensiones suficientes para permitir la instalación y el relleno perimetral.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 30/33

- Base de apoyo conformada por una losa de concreto de **10 cm de espesor**, con resistencia de **3.000 psi**, reforzada con **mallla electrosoldada de 6 mm y cuadrícula de 15 × 15 cm**, tal como se define en los planos del proyecto.
- Verificación de la nivelación antes del llenado.
- Relleno lateral uniforme y compactado por capas.
- Conexión hidráulica entre las tuberías de entrada, salida y ventilación.
- Prueba de estanqueidad antes de la puesta en operación.
- Protección de la unidad frente a cargas externas no contempladas en el diseño.

La correcta ejecución de estas actividades garantiza la estabilidad estructural de la unidad y preserva las condiciones hidráulicas previstas en el diseño.

9.7. Resumen de la capacidad de tratamiento

Componente	Volumen (m³)
Tanque séptico	13,45
Filtro anaerobio	13,68
Volumen total requerido	27,13
Holgura adoptada	10 %
Volumen de diseño	29,84
Capacidad comercial seleccionada	30,00

Tabla 8-3. Resumen de la capacidad de tratamiento.

10. CONCLUSIONES

10.1. Cumplimiento de los criterios de diseño

El sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas proyectado para el Instituto Educativo Santa Isabel fue dimensionado de conformidad con las metodologías y criterios establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, Título E, correspondiente a los sistemas de tratamiento en el sitio de origen.

Los parámetros de diseño empleados, tales como la contribución unitaria de aguas residuales, la producción de lodos, el tiempo de retención hidráulica, la tasa de acumulación de lodos y la tasa de aplicación al terreno, fueron adoptados directamente de las tablas normativas del RAS, garantizando la trazabilidad y consistencia técnica de los cálculos realizados.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 31/33		

10.2. Tanque séptico

El volumen útil requerido para el tanque séptico fue determinado mediante la Ecuación E.7.1 del RAS, obteniéndose un volumen de **13,45 m³**, suficiente para garantizar el tiempo de retención hidráulica necesario para la sedimentación de sólidos, la separación de grasas y el almacenamiento de los lodos generados durante un período de limpieza anual.

La unidad proyectada proporciona las condiciones necesarias para el desarrollo de los procesos de digestión anaerobia, reduciendo la carga contaminante que ingresa al tratamiento secundario y favoreciendo la estabilidad operacional del sistema.

10.3. Filtro anaerobio

El volumen útil del filtro anaerobio fue calculado mediante la Ecuación E.7.2 del RAS, obteniéndose una capacidad de **13,68 m³**, superior al volumen mínimo exigido por la reglamentación.

Esta unidad permitirá desarrollar el tratamiento biológico del efluente proveniente del tanque séptico mediante la acción de microorganismos anaerobios adheridos al medio filtrante, incrementando la remoción de materia orgánica y sólidos suspendidos antes de la disposición final.

10.4. Campo de infiltración

El sistema de infiltración fue dimensionado para recibir el caudal promedio diario generado por la población de diseño, obteniéndose un área efectiva de infiltración de **171 m²**.

Con base en las dimensiones máximas permitidas por el RAS, el sistema quedó conformado por **10 zanjas de infiltración**, cada una con una longitud de **28,50 m**, un ancho de **0,60 m**, una pendiente longitudinal de **0,40 %** y tubería perforada de **100 mm** de diámetro.

Esta configuración garantiza una distribución uniforme del efluente tratado, favoreciendo la infiltración en el terreno sin sobrepasar la capacidad hidráulica del suelo.

10.5. Unidad prefabricada seleccionada

La integración del tanque séptico y el filtro anaerobio en una única unidad prefabricada de **30,00 m³** constituye una solución técnicamente adecuada para las condiciones del proyecto.

La capacidad seleccionada es superior al volumen mínimo requerido (**27,13 m³**) y proporciona un margen operativo aproximado del **10 %**, permitiendo absorber pequeñas variaciones de operación sin comprometer el desempeño hidráulico del sistema.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 32/33		

Además de cumplir con los requerimientos hidráulicos, la utilización de una unidad prefabricada reduce los tiempos de construcción, mejora la estanqueidad del sistema, disminuye las actividades de mantenimiento y facilita las labores de instalación en obra.

10.6. Operación y mantenimiento

Para garantizar el adecuado funcionamiento del sistema durante su vida útil, será necesario implementar un programa periódico de operación y mantenimiento que incluya, como mínimo, las siguientes actividades:

- Inspección periódica de las tuberías de entrada y salida.
- Verificación del correcto funcionamiento de las cámaras internas de la unidad.
- Extracción de lodos acumulados con la periodicidad prevista en el diseño.
- Limpieza de los sistemas de ventilación.
- Inspección del estado del campo de infiltración y verificación de la ausencia de afloramientos superficiales.
- Control del ingreso de materiales no biodegradables o sustancias que puedan afectar los procesos biológicos del tratamiento.

Estas actividades permitirán conservar la capacidad hidráulica del sistema y mantener las eficiencias de tratamiento previstas en el diseño.

10.7. Conclusión general

Con base en los análisis desarrollados, se concluye que el sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas proyectado para el Instituto Educativo Santa Isabel de Curumaní presenta la capacidad hidráulica necesaria para atender la población de diseño de **342 usuarios**, garantizando el tratamiento primario mediante tanque séptico, el tratamiento secundario mediante filtro anaerobio y la disposición final controlada del efluente a través de un campo de infiltración.

El dimensionamiento efectuado demuestra que todas las unidades cumplen con los criterios técnicos establecidos en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, proporcionando una solución eficiente, confiable y de fácil operación para una institución educativa ubicada en un sector sin cobertura de alcantarillado sanitario.

La implementación de una unidad prefabricada de **30.000 L**, integrada por tanque séptico y filtro anaerobio, representa una alternativa constructiva que simplifica la ejecución de la obra, mejora el control de calidad del sistema y asegura la capacidad requerida para el adecuado tratamiento de las aguas residuales generadas durante la operación del establecimiento educativo.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.		Doc. N°: 03CUR
	MEMORIA DE CALCULO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 33/33		

10.8. Recomendaciones para el área del campo de infiltración

Con el fin de integrar el sistema de tratamiento al entorno y proteger el área destinada al campo de infiltración, se recomienda adecuar la superficie mediante un tratamiento paisajístico basado en cobertura vegetal de bajo porte.

Sobre el campo de infiltración podrá establecerse un **jardín ornamental o cobertura de césped**, utilizando especies herbáceas de raíces poco profundas que favorezcan la evapotranspiración, reduzcan la erosión superficial y mejoren la integración paisajística de la infraestructura. La cobertura vegetal también contribuye a mantener la estabilidad del terreno y a disminuir el impacto visual de las obras.

No obstante, deberán observarse las siguientes restricciones:

- No sembrar árboles, palmas, bambúes, arbustos de gran porte o especies con sistemas radiculares agresivos, ya que las raíces pueden invadir las tuberías perforadas, obstruir los orificios de distribución o alterar la capacidad de infiltración del sistema.
- No construir senderos, placas de concreto, edificaciones, cerramientos pesados o cualquier estructura que incremente significativamente las cargas sobre el campo de infiltración.
- No permitir el tránsito de vehículos, maquinaria o equipos pesados sobre el área, con el fin de evitar la compactación del suelo y la reducción de su capacidad de infiltración.
- Mantener la cobertura vegetal mediante podas periódicas, evitando el uso de maquinaria que pueda afectar las tuberías enterradas.
- Conservar el drenaje superficial del terreno para impedir el ingreso de aguas lluvias al sistema de infiltración, ya que estas pueden saturar el suelo y disminuir la eficiencia del tratamiento.

La implementación de un jardín con estas características permite aprovechar el proceso natural de evapotranspiración de las plantas, mejora la apariencia del sistema de tratamiento y contribuye a la conservación del área sin afectar el funcionamiento hidráulico del campo de infiltración.