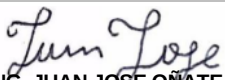


 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 1/32		

MEMORIA DE CÁLCULO
RED SANITARIA Y VENTILACIÓN
INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ
NTC 1500 / RAS 2000 Título D / Método de Hunter

Campo	Dato
Proyecto	MEJORAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA EN DISTINTOS MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.
Municipio	Curumaní, Cesar
Documento N°	02CUR
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	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 2/32

Tabla de contenido

1.	OBJETO	5
1.1.	Generalidades.....	5
1.2.	Objetivo del diseño.....	5
1.3.	Alcance.....	5
2.	MARCO NORMATIVO.....	6
2.1.	Generalidades.....	6
2.2.	NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería	6
2.3.	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS	7
2.4.	Resolución 0330 de 2017.....	7
2.5.	Método de Hunter	7
2.6.	Ecuación de Manning	8
2.7.	Fuerza tractiva	8
2.8.	Criterios generales de diseño	9
3.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SANITARIO	9
3.1.	Generalidades.....	9
3.2.	Funcionamiento hidráulico de la red sanitaria	10
3.3.	Configuración general del sistema	10
3.4.	Material de las tuberías	11
3.5.	Criterios de diseño adoptados.....	12
3.6.	Organización de la red sanitaria	12
3.7.	Descripción del sistema de descarga.....	13
4.	PARÁMETROS GENERALES DE DISEÑO HIDRÁULICO	13
4.1.	Generalidades.....	13
4.2.	Caudal de diseño	14
4.3.	Coeficiente de rugosidad de Manning	14
4.4.	Pendiente hidráulica	15
4.5.	Flujo parcialmente lleno.....	15
4.6.	Relación de llenado (y/D)	16

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 3/32

4.7.	Relación de caudales (q/Q).....	16
4.8.	Relación de velocidades (v/V)	17
4.9.	Velocidad mínima de autolimpieza.....	17
4.10.	Fuerza tractiva	18
4.11.	Radio hidráulico.....	18
4.12.	Resumen de los parámetros adoptados.....	19
5.	DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE – MÉTODO DE HUNTER.....	19
5.1.	Generalidades.....	19
5.2.	Principio del Método de Hunter	20
5.3.	Unidades de Hunter.....	20
5.4.	Inventario de aparatos sanitarios	21
5.5.	Cálculo de las Unidades de Hunter.....	21
5.6.	Conversión de Unidades de Hunter a caudal de diseño	22
5.7.	Interpretación hidráulica del resultado	22
5.8.	Aplicación del caudal de diseño	23
5.9.	Resumen de resultados.....	23
6.	BAJANTES.....	23
7.	DISEÑO HIDRÁULICO DE LOS COLECTORES SANITARIOS	23
7.1.	Generalidades.....	23
7.2.	Metodología de cálculo	24
7.3.	Parámetros geométricos de los colectores	24
7.4.	Procedimiento general de cálculo hidráulico	25
7.5.	Desarrollo del cálculo del tramo crítico (C13 – PTAR).....	27
7.6.	Verificación hidráulica de la red sanitaria	28
7.7.	Interpretación de los resultados	29
7.8.	Conclusiones del diseño hidráulico	29
8.	PUNTO DE DESCARGA — PTAR 30.000 L.....	30
9.	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SANITARIA.....	30
9.1.	Generalidades.....	30

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 4/32

9.2.	Descripción y justificación.....	30
9.3.	Criterios de instalación (NTC 1500).....	31
9.4.	Inventario de válvulas minivent	31
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31

Tablas

Tabla 3-1.	Zonas sanitarias del proyecto.....	12
Tabla 4-1.	Parámetros de diseño hidráulico.....	19
Tabla 5-1.	Inventario de aparatos sanitarios y unidades de Hunter.....	21
Tabla 5-2.	Resumen unidades Hunter y caudal de diseño.....	23
Tabla 7-1.	Diámetros hidráulicos de Tubería PVC Sanitaria.....	25
Tabla 7-2.	Parámetros de cálculo del tramo critico C13 - PTAR.....	27
Tabla 7-3.	Verificación hidráulica de los colectores sanitarios	28
Tabla 8-1.	Datos del punto de descarga.	30
Tabla 9-1.	Válvulas minivent requeridas por zona.....	31

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 5/32		

1. OBJETO

1.1. Generalidades

La presente memoria de cálculo tiene por objeto desarrollar el diseño hidráulico de la red sanitaria y del sistema de ventilación del Instituto Educativo Santa Isabel, localizado en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar, como parte del proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR"**.

El documento presenta el procedimiento técnico empleado para el dimensionamiento de las tuberías sanitarias, las bajantes, los colectores horizontales y el sistema de ventilación, garantizando el adecuado transporte de las aguas residuales domésticas desde cada uno de los aparatos sanitarios hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) proyectada para el establecimiento.

El diseño se desarrolló considerando que el proyecto no dispone de conexión al sistema público de alcantarillado sanitario, por lo que la totalidad de las aguas residuales generadas son conducidas por gravedad hacia una PTAR de **30,00 m³** de capacidad, cuyo diseño hidráulico se desarrolla en el Anexo 3 Memoria de Cálculo PTAR 03CUR.

1.2. Objetivo del diseño

El objetivo principal del diseño consiste en garantizar que la red sanitaria pueda transportar el caudal máximo probable generado por la totalidad de los aparatos sanitarios del establecimiento, manteniendo condiciones hidráulicas que eviten sedimentaciones, obstrucciones, pérdidas del sello hidráulico de los sifones y sobrepresiones dentro de la red.

Para alcanzar este propósito, el diseño verifica el cumplimiento de los siguientes criterios:

- Determinación del caudal máximo probable mediante el Método de Hunter.
- Dimensionamiento hidráulico de las tuberías sanitarias.
- Verificación de velocidades mínimas de autolimpieza.
- Comprobación de la fuerza tractiva mínima exigida por la reglamentación.
- Verificación del grado de llenado de las tuberías.
- Diseño del sistema de ventilación mediante válvulas de admisión de aire (Minivent).
- Conducción segura del caudal hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

1.3. Alcance

La presente memoria comprende el desarrollo técnico de los siguientes componentes:

- Inventario de aparatos sanitarios.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 6/32		

- Determinación de las Unidades de Hunter.
- Cálculo del caudal máximo probable.
- Diseño hidráulico de bajantes sanitarias.
- Diseño de colectores horizontales.
- Verificación mediante la ecuación de Manning.
- Verificación mediante fuerza tractiva.
- Verificación de relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno.
- Diseño del sistema de ventilación.
- Verificación del punto de descarga hacia la PTAR.
- Comprobación del cumplimiento de la NTC 1500 y del RAS.

No hace parte del presente documento el diseño estructural de las cajas de inspección, la red de aguas lluvias ni el diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, los cuales corresponden a memorias independientes del proyecto.

2. MARCO NORMATIVO

2.1. Generalidades

El diseño hidráulico de la red sanitaria fue desarrollado conforme a la reglamentación colombiana vigente para instalaciones hidrosanitarias, considerando las normas que regulan el cálculo del caudal de diseño, el dimensionamiento de tuberías, las condiciones hidráulicas de funcionamiento y los criterios mínimos para los sistemas de ventilación.

La aplicación de estas normas garantiza que el sistema proyectado opere bajo condiciones de seguridad sanitaria, adecuada capacidad hidráulica y facilidad de mantenimiento durante toda su vida útil.

2.2. NTC 1500 – Código Colombiano de Fontanería

La Norma Técnica Colombiana NTC 1500 establece los criterios para el diseño de instalaciones hidrosanitarias en edificaciones.

En el presente proyecto esta norma se utiliza para:

- Determinar las Unidades de Hunter de cada aparato sanitario.
- Calcular el caudal máximo probable de descarga.
- Definir los diámetros mínimos de las tuberías.
- Establecer las pendientes mínimas de los colectores.
- Verificar las velocidades mínimas de autolimpieza.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 7/32		

- Diseñar el sistema de ventilación mediante válvulas de admisión de aire.

El empleo del Método de Hunter permite representar el comportamiento probabilístico del uso simultáneo de los aparatos sanitarios, evitando sobredimensionamientos innecesarios en la red.

2.3. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

El dimensionamiento hidráulico de los colectores sanitarios se desarrolla conforme al **Título D del RAS**, el cual establece las ecuaciones hidráulicas para el análisis del flujo en tuberías parcialmente llenas.

En particular se emplean:

- **Ecuación D.6.11**, correspondiente a la ecuación de Manning para flujo uniforme.
- **Ecuación D.6.15**, correspondiente al cálculo de la fuerza tractiva o tensión de arrastre.

Estas expresiones permiten verificar que la red sanitaria tenga capacidad suficiente para transportar el caudal de diseño sin generar sedimentaciones ni velocidades excesivas.

2.4. Resolución 0330 de 2017

Adicionalmente se verifican los criterios establecidos por la Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, particularmente los relacionados con:

- Fuerza tractiva mínima.
- Relación máxima de llenado de la tubería.
- Condiciones hidráulicas de operación de colectores sanitarios.

Estos criterios complementan las verificaciones hidráulicas exigidas por el RAS y garantizan el adecuado funcionamiento de la red durante su operación.

2.5. Método de Hunter

El cálculo del caudal máximo probable de descarga se realiza mediante el Método de Hunter, ampliamente utilizado en el diseño de instalaciones sanitarias.

Este método reconoce que los aparatos sanitarios de una edificación no funcionan simultáneamente, por lo que el caudal de diseño resulta considerablemente inferior a la suma de los caudales individuales.

Para representar este comportamiento probabilístico, a cada aparato sanitario se le asigna un número de **Unidades de Hunter (UH)**, cuyo valor depende del tipo de aparato y de sus características de descarga.

Posteriormente, mediante las curvas o tablas de Hunter, el total de unidades acumuladas se transforma en el caudal máximo probable que deberá transportar la red.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 8/32		

Esta metodología constituye el procedimiento oficialmente adoptado por la NTC 1500 para el dimensionamiento de instalaciones sanitarias en edificaciones.

2.6. Ecuación de Manning

El comportamiento hidráulico de los colectores se analiza mediante la ecuación de Manning, ampliamente utilizada para el cálculo de conducciones a flujo libre.

La expresión general es:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

donde:

- V = velocidad del flujo (m/s)
- n = coeficiente de rugosidad de Manning
- R = radio hidráulico (m)
- S = pendiente hidráulica (m/m)

Esta ecuación permite determinar la velocidad del agua residual y, posteriormente, la capacidad hidráulica de cada colector.

2.7. Fuerza tractiva

Además de verificar la velocidad, el RAS exige comprobar que el flujo genere una tensión suficiente sobre el fondo de la tubería para impedir la sedimentación de sólidos.

Esta condición se evalúa mediante la ecuación:

$$\tau = \gamma R S$$

donde:

- τ = fuerza tractiva
- γ = peso específico del agua
- R = radio hidráulico
- S = pendiente

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 9/32		

El cumplimiento de este criterio garantiza que la red tenga capacidad de autolimpieza y evita la acumulación progresiva de sedimentos en el interior de las tuberías.

2.8. Criterios generales de diseño

Con base en la reglamentación anteriormente descrita, el sistema sanitario del Instituto Educativo Santa Isabel fue diseñado bajo los siguientes principios:

- Transporte por gravedad en toda la red.
- Flujo parcialmente lleno en los colectores.
- Uso de tuberías sanitarias en PVC.
- Descarga final hacia la PTAR proyectada.
- Ventilación mediante válvulas Minivent.
- Operación sin conexión al alcantarillado público.
- Cumplimiento de las velocidades mínimas de autolimpieza.
- Cumplimiento de la fuerza tractiva mínima.
- Verificación del grado máximo de llenado de las tuberías.

3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SANITARIO

3.1. Generalidades

La red sanitaria del Instituto Educativo Santa Isabel tiene como finalidad recolectar y transportar las aguas residuales domésticas generadas en las diferentes edificaciones del establecimiento hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), donde se realiza su tratamiento antes de la disposición final.

El sistema fue diseñado para funcionar completamente por gravedad, aprovechando las diferencias de nivel existentes entre los diferentes bloques arquitectónicos y la ubicación de la planta de tratamiento. En consecuencia, no se requiere la utilización de estaciones de bombeo ni equipos electromecánicos para el transporte de las aguas residuales.

El proyecto corresponde a una institución educativa conformada por edificaciones de un solo nivel, condición que simplifica considerablemente el diseño de la red sanitaria al eliminar la presencia de bajantes de gran altura y reducir las variaciones de presión que normalmente se presentan en edificios de varios pisos.

Todas las aguas residuales provenientes de inodoros, lavamanos, orinales, lavaplatos y demás aparatos sanitarios son conducidas mediante tuberías sanitarias de PVC hasta los colectores principales, los cuales descargan finalmente en la PTAR proyectada para el establecimiento.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 10/32		

3.2. Funcionamiento hidráulico de la red sanitaria

Una red sanitaria por gravedad opera bajo el principio de flujo libre, es decir, el agua residual circula impulsada únicamente por la acción de la gravedad, sin que las tuberías trabajen completamente llenas.

En este tipo de sistemas, el flujo ocupa únicamente una fracción de la sección transversal de la tubería, permaneciendo una porción superior libre que permite la circulación del aire. Esta condición resulta fundamental para garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema, ya que evita la formación de presiones internas que puedan afectar el sello hidráulico de los sifones instalados en los aparatos sanitarios.

El transporte de las aguas residuales depende principalmente de la pendiente de las tuberías, del diámetro seleccionado y de la rugosidad del material empleado. Cuando estos parámetros se encuentran correctamente dimensionados, la velocidad del flujo resulta suficiente para mantener las partículas sólidas en suspensión y conducir las hasta la planta de tratamiento, reduciendo el riesgo de sedimentación y obstrucciones.

Desde el punto de vista hidráulico, el diseño debe garantizar simultáneamente las siguientes condiciones:

- Transporte continuo del caudal máximo probable.
- Velocidades suficientes para producir autolimpieza.
- Grado de llenado inferior al límite establecido por la reglamentación.
- Ausencia de presiones positivas o negativas que afecten los aparatos sanitarios.
- Adecuada ventilación de la red.

El cumplimiento de estas condiciones asegura un funcionamiento eficiente y confiable del sistema durante toda su vida útil.

3.3. Configuración general del sistema

La red sanitaria del proyecto está conformada por cuatro componentes principales:

a) Ramales de descarga

Son las tuberías que reciben directamente las descargas provenientes de cada aparato sanitario.

Cada aparato descarga inicialmente sobre un sifón hidráulico que impide el retorno de gases provenientes de la red.

Los ramales transportan el agua residual hasta las cajas de inspección o hasta los colectores secundarios.

b) Colectores horizontales

Los colectores horizontales constituyen la red principal del sistema sanitario.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 11/32		

Su función consiste en reunir progresivamente los caudales provenientes de los diferentes bloques arquitectónicos y conducirlos hasta el punto de tratamiento.

Durante su recorrido, el caudal transportado aumenta conforme se incorporan nuevos ramales, razón por la cual cada tramo debe verificarse hidráulicamente para garantizar que el diámetro adoptado sea suficiente para conducir el flujo sin superar el grado máximo de llenado permitido por la normativa.

c) Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

El último tramo del sistema descarga directamente en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales proyectada para el establecimiento.

La PTAR fue dimensionada para recibir la totalidad del caudal generado por la institución educativa, garantizando el tratamiento primario y secundario de las aguas residuales antes de su disposición final mediante un campo de infiltración.

La compatibilidad hidráulica entre la red sanitaria y la PTAR se verifica en los capítulos finales de la presente memoria.

3.4. Material de las tuberías

Todas las conducciones sanitarias fueron proyectadas utilizando tubería de Policloruro de Vinilo (PVC) para uso sanitario.

La selección de este material obedece a sus excelentes características hidráulicas, mecánicas y químicas, entre las cuales se destacan:

- Baja rugosidad interna, que disminuye las pérdidas por fricción.
- Alta resistencia a la corrosión.
- Excelente comportamiento frente a aguas residuales domésticas.
- Facilidad de instalación mediante uniones herméticas.
- Bajo peso, que facilita el transporte y la manipulación en obra.
- Amplia disponibilidad comercial en el mercado nacional.

Para el cálculo hidráulico se adopta el coeficiente de rugosidad de Manning recomendado para tuberías de PVC:

$$n = 0.009$$

Este valor será empleado posteriormente en el cálculo de velocidades y capacidades hidráulicas de todos los colectores.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 12/32

3.5. Criterios de diseño adoptados

Con el propósito de simplificar la construcción, facilitar las labores de mantenimiento y garantizar una operación uniforme de la red, se adoptaron los siguientes criterios generales de diseño:

- Utilización de tuberías sanitarias de PVC.
- Diámetro uniforme de **4 pulgadas** para los colectores principales.
- Pendientes comprendidas entre **1,0 % y 1,6 %**, verificadas mediante la ecuación de Manning.
- Transporte completamente por gravedad.
- Descarga final hacia la PTAR de **30 m³**.
- Ventilación mediante válvulas Minivent.
- Ausencia de conexiones al sistema público de alcantarillado.

La adopción de un diámetro uniforme en los colectores principales simplifica el proceso constructivo, reduce la variedad de accesorios requeridos durante la ejecución de la obra y facilita las actividades futuras de operación y mantenimiento, sin comprometer la capacidad hidráulica del sistema.

3.6. Organización de la red sanitaria

Con el fin de optimizar el funcionamiento hidráulico y facilitar el mantenimiento de la infraestructura, la red sanitaria fue dividida en diferentes zonas de drenaje, cada una asociada a una caja de inspección principal.

Esta sectorización permite:

- Reducir la longitud de los ramales individuales.
- Facilitar las labores de inspección y limpieza.
- Identificar rápidamente posibles obstrucciones.
- Distribuir adecuadamente el caudal dentro de la red.

Las principales zonas sanitarias del proyecto corresponden a:

Zona / Caja	Ambiente	Aparatos
Garita	Baño garita	Inodoro + Lavamanos
Enfermería	Baño enfermería	Inodoro + Lavamanos
Administrativo	Baño rector	Inodoro + Lavamanos
Administrativo	Sala de profesores	Cocineta + Baños (4 aparatos)
Aulas	Batería sanitaria mujeres	12 aparatos
Aulas	Batería sanitaria hombres	12 aparatos
Aulas	Baño PMR	2 aparatos
Bib./Lab./Inf.	Laboratorio	12 aparatos (lavaplatos)
Bib./Lab./Inf.	Baños hombres / mujeres bibl.	4 + 4 aparatos

Tabla 3-1. Zonas sanitarias del proyecto

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 13/32		

Cada una de estas zonas descarga inicialmente a una caja de inspección, desde donde el flujo es incorporado progresivamente a los colectores principales hasta llegar al punto de tratamiento. Esta configuración permite una distribución ordenada de los caudales y facilita tanto la construcción como el mantenimiento de la red.

3.7. Descripción del sistema de descarga

El sistema sanitario diseñado para el Instituto Educativo Santa Isabel puede resumirse mediante la siguiente secuencia de funcionamiento:

Aparatos sanitarios → Ramales de descarga → Colectores horizontales → Cajas de inspección → Colector principal → PTAR → Campo de infiltración

Esta configuración garantiza que la totalidad de las aguas residuales domésticas generadas en el establecimiento sean conducidas de manera segura hasta el sistema de tratamiento, sin generar vertimientos directos al terreno ni conexiones a redes públicas de alcantarillado.

4. PARÁMETROS GENERALES DE DISEÑO HIDRÁULICO

4.1. Generalidades

El adecuado funcionamiento de una red sanitaria por gravedad depende de que el flujo de las aguas residuales se desarrolle bajo condiciones hidráulicas que permitan el transporte continuo de los sólidos presentes en el agua sin generar sedimentaciones, obstrucciones o velocidades excesivas.

Para lograr este objetivo, el diseño hidráulico debe verificar simultáneamente varios parámetros que describen el comportamiento del flujo dentro de las tuberías parcialmente llenas.

Entre estos parámetros se encuentran:

- El caudal máximo probable.
- La velocidad del flujo.
- La capacidad hidráulica de la tubería.
- La relación de llenado.
- La fuerza tractiva.
- La pendiente hidráulica.
- La rugosidad del material.

Cada uno de estos criterios será utilizado posteriormente durante el dimensionamiento de la red sanitaria.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 14/32		

4.2. Caudal de diseño

A diferencia de una red de acueducto, donde el caudal depende del consumo simultáneo de agua potable, en una red sanitaria el caudal está determinado por la probabilidad de utilización simultánea de los diferentes aparatos sanitarios.

No todos los usuarios utilizan los sanitarios al mismo tiempo ni todos los aparatos descargan simultáneamente.

Por esta razón, la NTC 1500 adopta el Método de Hunter, mediante el cual el caudal de diseño se determina estadísticamente a partir del número de Unidades de Hunter asignadas a cada aparato sanitario.

Este procedimiento evita sobredimensionar innecesariamente la red y representa de manera más realista las condiciones normales de operación del sistema.

El desarrollo completo del Método de Hunter se presenta en el Capítulo 5 de la presente memoria.

4.3. Coeficiente de rugosidad de Manning

El coeficiente de Manning representa la resistencia que ofrece la superficie interna de una tubería al paso del flujo.

Cuanto menor sea este coeficiente, menor será la pérdida de energía y mayor será la velocidad que podrá desarrollar el agua para una misma pendiente.

Las tuberías sanitarias proyectadas para el presente diseño corresponden a PVC sanitario, material cuya superficie interior es lisa y presenta una baja rugosidad.

De acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y la literatura especializada, para este tipo de tuberías se adopta:

$$n = 0.009$$

donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

Este valor será empleado posteriormente para calcular la velocidad y la capacidad hidráulica de todos los colectores sanitarios.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 15/32		

4.4. Pendiente hidráulica

La pendiente hidráulica representa la pérdida de energía por unidad de longitud de la tubería y constituye la fuerza que impulsa el movimiento del agua residual dentro del sistema.

En redes sanitarias por gravedad, una pendiente demasiado pequeña puede producir sedimentación de sólidos, mientras que una pendiente excesiva puede ocasionar velocidades elevadas que favorezcan la separación entre el agua y los sólidos, disminuyendo la capacidad de arrastre del flujo.

Por esta razón, las pendientes adoptadas en el proyecto fueron seleccionadas de manera que permitan cumplir simultáneamente con:

- Velocidad mínima de autolimpieza.
- Fuerza tractiva mínima.
- Relación máxima de llenado.

En los diferentes colectores del proyecto se adoptaron pendientes comprendidas aproximadamente entre:

$$1.00\% \leq i \leq 1.60\%$$

Estos valores fueron posteriormente verificados mediante la ecuación de Manning.

4.5. Flujo parcialmente lleno

Las redes sanitarias trabajan normalmente a flujo libre, es decir, las tuberías no circulan completamente llenas.

Esta condición permite que sobre la superficie del agua permanezca una cámara de aire que facilita la ventilación de la red y evita la generación de presiones internas.

El funcionamiento parcialmente lleno proporciona además las siguientes ventajas:

- Mayor capacidad hidráulica disponible para eventos de descarga simultánea.
- Menor riesgo de sobrepresiones.
- Protección del sello hidráulico de los sifones.
- Correcta ventilación de las bajantes.
- Mayor estabilidad hidráulica del sistema.

Por esta razón, el RAS limita el porcentaje máximo de llenado permitido para las tuberías sanitarias.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 16/32		

4.6. Relación de llenado (y/D)

Uno de los parámetros más importantes del diseño corresponde a la relación entre la profundidad del flujo y el diámetro interno de la tubería.

Esta relación se expresa mediante:

$$\frac{y}{D}$$

donde:

- y = profundidad del agua.
- D = diámetro interno.

Este parámetro indica qué porcentaje de la sección transversal de la tubería se encuentra ocupado por el flujo.

El Reglamento Técnico establece que las tuberías sanitarias no deben trabajar completamente llenas.

Para colectores sanitarios normalmente se recomienda que:

$$\frac{y}{D} \leq 0.75$$

Este límite garantiza la existencia de un espacio suficiente para la circulación del aire y evita el funcionamiento a presión de la red.

Durante el desarrollo hidráulico de cada tramo se verificará el cumplimiento de este criterio.

4.7. Relación de caudales (q/Q)

La relación:

$$\frac{q}{Q}$$

representa el porcentaje de utilización de la capacidad hidráulica de una tubería.

donde:

- q = caudal de diseño.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 17/32		

- Q = capacidad máxima de la tubería.

Cuando este valor es inferior a la unidad, significa que la conducción posee capacidad suficiente para transportar el flujo.

Mientras menor sea esta relación, mayor será el margen de capacidad disponible.

Este parámetro resulta especialmente útil para verificar que el diámetro seleccionado sea adecuado para el caudal calculado mediante el Método de Hunter.

4.8. Relación de velocidades (v/V)

En tuberías parcialmente llenas la velocidad del flujo varía dependiendo del grado de llenado.

Por esta razón, el RAS emplea la relación:

$$\frac{v}{V}$$

donde:

- v = velocidad para el flujo parcial.
- V = velocidad a sección llena.

Esta relación permite obtener, mediante tablas hidráulicas, la velocidad real correspondiente al porcentaje de llenado calculado para cada tramo.

Su utilización garantiza que los análisis hidráulicos representen adecuadamente el comportamiento real del flujo dentro de la tubería.

4.9. Velocidad mínima de autolimpieza

Uno de los principales objetivos del diseño consiste en impedir que los sólidos transportados por las aguas residuales se depositen sobre el fondo de la tubería.

Para lograrlo, el flujo debe desarrollar una velocidad suficiente para mantener dichas partículas en suspensión.

Esta condición recibe el nombre de **autolimpieza hidráulica**.

El RAS establece que la velocidad mínima recomendable para colectores sanitarios es aproximadamente:

$$V_{min} = 0.60 \text{ m/s}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 18/32		

Durante el desarrollo de los cálculos hidráulicos se verificará que todos los colectores proyectados superen este valor.

4.10. Fuerza tractiva

Aunque tradicionalmente el diseño de redes sanitarias se basaba únicamente en verificar una velocidad mínima, investigaciones posteriores demostraron que la capacidad real de arrastre depende de la fuerza ejercida por el agua sobre el fondo de la tubería.

Esta fuerza recibe el nombre de **fuerza tractiva** o **tensión de arrastre**.

Su expresión es:

$$\tau = \gamma RS$$

donde:

- τ = fuerza tractiva (Pa).
- γ = peso específico del agua.
- R = radio hidráulico.
- S = pendiente.

El Art. 141, Res. 0330 establece como criterio de diseño una fuerza tractiva mínima de:

$$\tau = 1.00 \text{ Pa}$$

El cumplimiento de este valor garantiza que el flujo posea suficiente capacidad para remover los sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales.

Por esta razón, además de verificar la velocidad, todos los tramos de la red serán evaluados mediante este criterio.

4.11. Radio hidráulico

El radio hidráulico representa la relación entre el área mojada y el perímetro mojado del flujo.

Matemáticamente se define como:

$$R = \frac{A}{P}$$

donde:

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 19/32

- A = área hidráulica.
- P = perímetro mojado.

Este parámetro constituye una medida de la eficiencia hidráulica de la sección transversal y participa tanto en la ecuación de Manning como en el cálculo de la fuerza tractiva.

En tuberías parcialmente llenas, el radio hidráulico depende del porcentaje de llenado y se obtiene mediante las relaciones hidráulicas establecidas en el RAS.

4.12. Resumen de los parámetros adoptados

Parámetro	Valor	Unidad	Referencia
Tipo de uso	Institucional (escuela)	—	Proyecto
Coefficiente de Manning (n)	0,009	n	RAS 2000 Título D — PVC/Novafort
Esfuerzo cortante mínimo (τ)	1,5	Pa	$\geq 1,0$ Pa (Art. 141, Res. 0330)
Relación y/D y q/Q máxima	0,85	adim.	Art. 143, Res. 0330
Velocidad mínima	0,60	m/s	NTC 1500
Velocidad máxima	5,00	m/s	NTC 1500
Peso específico del agua (γ)	1.000	kg/m ³	Valor estándar
Velocidad máxima	5,00	m/s	NTC 1500

Tabla 4-1. Parámetros de diseño hidráulico.

5. DETERMINACIÓN DEL CAUDAL MÁXIMO PROBABLE – MÉTODO DE HUNTER

5.1. Generalidades

El diseño de una red sanitaria requiere determinar el caudal máximo que deberá transportar cada uno de sus colectores durante las condiciones normales de operación del sistema.

A diferencia de una red de abastecimiento de agua potable, en una red sanitaria no resulta adecuado calcular el caudal suponiendo que todos los aparatos descargan simultáneamente, ya que esta situación es extremadamente improbable.

En una institución educativa, el uso de los sanitarios ocurre de manera intermitente y aleatoria. Mientras algunos aparatos se encuentran en funcionamiento, otros permanecen inactivos. Por ello, el caudal real que circula por la red es considerablemente menor que la suma de las descargas individuales de todos los aparatos.

Con el propósito de representar este comportamiento estadístico, la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 adopta el **Método de Hunter**, el cual permite estimar el caudal máximo probable de descarga a partir del número de aparatos sanitarios instalados y de la frecuencia esperada de utilización.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 20/32		

Este método constituye la base para el dimensionamiento hidráulico de las redes sanitarias en edificaciones y evita el sobredimensionamiento de las tuberías, manteniendo al mismo tiempo un adecuado nivel de seguridad hidráulica.

5.2. Principio del Método de Hunter

El Método de Hunter fue desarrollado a partir de estudios estadísticos realizados sobre el uso simultáneo de aparatos sanitarios en diferentes tipos de edificaciones.

Estos estudios demostraron que la probabilidad de que todos los aparatos funcionen simultáneamente es muy baja, por lo que el caudal máximo esperado puede representarse mediante una relación probabilística entre el número de aparatos instalados y el caudal de descarga.

Para facilitar su aplicación, el método asigna a cada aparato sanitario un número denominado **Unidad de Hunter (UH)**.

Las Unidades de Hunter no representan un caudal directo, sino un índice relativo que refleja la frecuencia de utilización y la magnitud de la descarga generada por cada aparato.

Una vez calculado el número total de unidades del proyecto, este valor se transforma en un caudal máximo probable utilizando las curvas o tablas establecidas por la NTC 1500.

5.3. Unidades de Hunter

Las Unidades de Hunter constituyen un parámetro adimensional utilizado para representar la contribución hidráulica de cada aparato sanitario al funcionamiento global de la red.

Cada aparato posee un número diferente de unidades dependiendo de:

- El volumen típico de descarga.
- La duración de la descarga.
- La frecuencia de utilización.
- La probabilidad de funcionamiento simultáneo.

En términos generales, un sanitario (inodoro) aporta un mayor número de unidades que un lavamanos, debido a que su descarga es más intensa y genera un mayor caudal instantáneo.

La asignación de estas unidades se realiza conforme a las tablas de la NTC 1500.

5.4. Inventario de aparatos sanitarios

Con base en los planos hidrosanitarios del proyecto, se identificó el siguiente inventario de aparatos sanitarios:

Aparato sanitario	UH/aparato (tanque)	Cantidad	Total UH
Ducha	2	0	0
Inodoro Fluxómetro	6	0	0
Lavamanos	1	20	20
Orinal	2	2	4
Inodoro Tanque	3	20	60
Lavaplatos	2	13	26
Lavadero / Aseo	1	1	1
TOTAL UH del proyecto	—	56	111

Tabla 5-1. Inventario de aparatos sanitarios y unidades de Hunter.

A cada aparato se le asignó el correspondiente número de Unidades de Hunter conforme a la NTC 1500.

5.5. Cálculo de las Unidades de Hunter

La contribución total del edificio se obtiene sumando las Unidades de Hunter correspondientes a todos los aparatos sanitarios instalados.

La expresión general es:

$$UH_T = \sum UH_i$$

donde:

- UH_T = Total de Unidades de Hunter.
- UH_i = Unidades asignadas a cada aparato sanitario.

Realizando la sumatoria de todos los aparatos instalados en el Instituto Educativo Santa Isabel se obtiene:

$$UH_T = 111$$

Por lo tanto, la red sanitaria fue diseñada para una carga hidráulica equivalente a:

$$UH = 111$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 22/32		

Este valor representa la totalidad de las descargas probables que pueden producirse simultáneamente dentro del establecimiento educativo.

5.6. Conversión de Unidades de Hunter a caudal de diseño

Una vez determinado el número total de Unidades de Hunter, el siguiente paso consiste en transformarlo en un caudal máximo probable.

Esta conversión no se realiza mediante una ecuación algebraica, sino utilizando las curvas probabilísticas desarrolladas por Hunter y adoptadas por la NTC 1500.

Estas curvas relacionan el número acumulado de unidades con el caudal máximo esperado, considerando la probabilidad de funcionamiento simultáneo de los aparatos.

Consultando la curva correspondiente para:

$$UH = 111$$

se obtiene un caudal máximo probable igual a:

$$Q = 2.902 \text{ L/s}$$

Este valor corresponde al caudal de diseño que deberá ser transportado por el colector principal del sistema sanitario.

5.7. Interpretación hidráulica del resultado

El resultado obtenido indica que, aunque la institución cuenta con un número importante de aparatos sanitarios, la probabilidad de que todos descarguen simultáneamente es muy baja.

En consecuencia, el colector principal únicamente necesita ser diseñado para transportar un caudal de aproximadamente:

$$Q = 2.902 \text{ L/s}$$

Este valor resulta significativamente inferior a la suma de las descargas individuales de todos los aparatos, demostrando la importancia del Método de Hunter para evitar sobredimensionamientos en las redes sanitarias.

La utilización de este método permite obtener una solución hidráulicamente eficiente y económicamente racional, manteniendo adecuados niveles de seguridad durante la operación del sistema.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 23/32		

5.8. Aplicación del caudal de diseño

El caudal máximo probable determinado mediante el Método de Hunter constituye el parámetro fundamental para el dimensionamiento hidráulico de la red sanitaria.

Este caudal será utilizado en los siguientes análisis:

- Verificación de la capacidad hidráulica de los colectores.
- Cálculo de velocidades mediante la ecuación de Manning.
- Determinación del grado de llenado de las tuberías.
- Verificación de la fuerza tractiva.
- Comprobación de la capacidad de las bajantes sanitarias.
- Verificación de la descarga hacia la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

En consecuencia, el valor de **2,902 L/s** representa el caudal base empleado en todos los cálculos hidráulicos desarrollados en los capítulos siguientes.

5.9. Resumen de resultados

Parámetro	Valor
Total de Unidades de Hunter	111 UH
Método de cálculo	Hunter (NTC 1500)
Caudal máximo probable	2,902 L/s
Tipo de descarga	Probabilística
Destino final	PTAR del proyecto

Tabla 5-2. Resumen unidades Hunter y caudal de diseño.

6. BAJANTES

Por tratarse de edificaciones de una sola planta, no se cuenta con sistema de bajantes sanitarios.

7. DISEÑO HIDRÁULICO DE LOS COLECTORES SANITARIOS

7.1. Generalidades

Los colectores sanitarios constituyen la red principal de conducción de las aguas residuales domésticas generadas en las diferentes edificaciones del Instituto Educativo Santa Isabel. Su función consiste en transportar por gravedad el caudal proveniente de los ramales y bajantes sanitarias hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), garantizando un funcionamiento continuo, seguro y eficiente.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 24/32		

Durante su recorrido, el caudal transportado aumenta progresivamente debido a la incorporación de las descargas provenientes de los distintos bloques arquitectónicos. En consecuencia, cada tramo debe verificarse hidráulicamente para garantizar que la capacidad de conducción sea suficiente y que el flujo se mantenga dentro de los límites establecidos por la NTC 1500, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y la Resolución 0330 de 2017.

El diseño hidráulico se realizó considerando flujo uniforme y permanente en tuberías parcialmente llenas, utilizando la ecuación de Manning para determinar la capacidad hidráulica de las conducciones y la fuerza tractiva como criterio de autolimpieza.

7.2. Metodología de cálculo

El procedimiento utilizado para el dimensionamiento hidráulico de cada tramo de la red sanitaria comprende las siguientes etapas:

- A. Determinación del número acumulado de Unidades de Hunter (UH).
- B. Conversión de las UH al caudal máximo probable mediante el Método de Hunter.
- C. Selección del diámetro de la tubería.
- D. Definición de la pendiente longitudinal del colector.
- E. Determinación del área hidráulica.
- F. Cálculo del radio hidráulico.
- G. Obtención de la velocidad mediante la ecuación de Manning.
- H. Cálculo de la capacidad hidráulica de la tubería.
- I. Verificación de la relación entre el caudal de diseño y la capacidad hidráulica (q/Q).
- J. Determinación de las relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno (v/V y y/D).
- K. Cálculo de la velocidad efectiva.
- L. Verificación de la fuerza tractiva.

Este procedimiento fue aplicado a todos los tramos de la red sanitaria hasta el punto de descarga en la PTAR.

7.3. Parámetros geométricos de los colectores

Para el cálculo hidráulico se emplean las dimensiones interiores reales de las tuberías de PVC sanitario, ya que el comportamiento hidráulico depende del diámetro interno efectivo y no del diámetro nominal.

La siguiente tabla resume los diámetros interiores y el coeficiente de rugosidad de Manning adoptado para los diferentes diámetros comerciales de tubería PVC sanitaria.



Diam. Nominal	Diam. mm	Diam. Int. (mm)	Espesor (mm)	Manning
2 pulg	60.32	58.48	2.92	0.009
3 pulg	82.56	76.20	3.18	0.009
4 pulg	110.00	107.40	3.30	0.009
6 pulg	168.00	160.20	4.12	0.009
8 pulg	200.00	182.00	9.00	0.009
10 pulg	250.00	227.00	11.50	0.009
12 pulg	315.00	284.00	15.50	0.009
14 pulg	355.00	327.00	14.00	0.009
16 pulg	400.00	362.00	19.00	0.009
18 pulg	450.00	407.00	21.50	0.009
20 pulg	500.00	452.00	24.00	0.009
24 pulg	650.00	595.00	27.50	0.009

Tabla 7-1. Diámetros hidráulicos de Tubería PVC Sanitaria.

Para todos los cálculos hidráulicos desarrollados en esta memoria se emplea el diámetro interior efectivo de la tubería, debido a que es el parámetro que interviene en el cálculo del área hidráulica, el radio hidráulico, la velocidad del flujo y la capacidad de conducción mediante la ecuación de Manning.

7.4. Procedimiento general de cálculo hidráulico

El cálculo hidráulico de cualquier tramo de la red sanitaria se desarrolla mediante la siguiente secuencia:

Paso 1. Selección del diámetro

Se selecciona el diámetro nominal de la tubería de acuerdo con el caudal acumulado y las restricciones establecidas por la NTC 1500 y el RAS.

Paso 2. Área hidráulica

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

donde:

- A = Área hidráulica (m^2)
- D = Diámetro interior (m)

Paso 3. Radio hidráulico

Para una tubería circular trabajando a sección llena:

$$R = \frac{D}{4}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 26/32		

Paso 4. Velocidad mediante Manning

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

donde:

- V = Velocidad (m/s)
- n = Coeficiente de Manning
- R = Radio hidráulico (m)
- S = Pendiente (m/m)

Paso 5. Capacidad hidráulica

$$Q = A \times V$$

Paso 6. Relación de utilización

$$\frac{q}{Q}$$

Paso 7. Relaciones hidráulicas

A partir de la relación q/Q se obtienen, mediante las tablas hidráulicas del RAS, los parámetros:

- v/V
- y/D

Paso 8. Velocidad efectiva

$$v = \left(\frac{v}{V}\right) V$$

Paso 9. Fuerza tractiva

$$\tau = \gamma R_h S$$

donde:

- τ = Fuerza tractiva
- γ = Peso específico del agua
- R_h = Radio hidráulico efectivo para flujo parcial
- S = Pendiente

7.5. Desarrollo del cálculo del tramo crítico (C13 – PTAR)

Este tramo transporta el caudal máximo de la red sanitaria y, por tanto, representa la condición de diseño más desfavorable.

Parámetro	Valor
Tramo	C13 – PTAR
Unidades Hunter	111
Caudal de diseño	2,902 L/s
Diámetro	4"
Diámetro interior	107,40 mm
Pendiente	1,00 %
Manning	0,009

Tabla 7-2. Parámetros de cálculo del tramo crítico C13 - PTAR

Área hidráulica

$$A = \frac{\pi(0.1074)^2}{4} = 0.009059 \text{ m}^2$$

Radio hidráulico

$$R = \frac{0.1074}{4} = 0.02685 \text{ m}$$

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{1}{0.009} (0.02685)^{2/3} (0.010)^{1/2}$$

$$V = 0.996 \text{ m/s}$$

Capacidad hidráulica

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.009059 \times 0.996$$

$$Q = 0.009026 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 9.026 \text{ L/s}$$

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 28/32

Relación de utilización

$$\frac{q}{Q} = \frac{2.902}{9.026} = 0.322$$

Relación de velocidades

$$\frac{v}{V} = 0.755$$

Velocidad efectiva

$$v = 0.755 \times 0.996 = 0.752 \text{ m/s}$$

Relación de llenado

$$\frac{y}{D} = 0.441$$

Fuerza tractiva

$$\tau = 2.469 \text{ kg/m}^2$$

Los resultados obtenidos demuestran que el tramo crítico cumple con todos los criterios hidráulicos de diseño, garantizando una adecuada capacidad de conducción y condiciones de autolimpieza.

7.6. Verificación hidráulica de la red sanitaria

Una vez desarrollado el procedimiento anterior para el tramo más desfavorable, el mismo análisis fue aplicado a la totalidad de los colectores de la red sanitaria.

TRAMO Caja Ini — Fin	Unidades Hunter (UH)	Longitud Tramo	Díametro Pulg.	Manning n	Q Diseño Hunter	Cota Inicial	Pendiente Utilizada	Cota Final	Área Tubo	V Llento Manning	Q Llento A-V	T Llento y-R-S	Qr/Ql q/Q	v/V Tabla 2	V Efectiva v/V · V	y/D Tabla 2	y D · (y/D)	u/T Tabla 2	t Efectiva T · (t/T)
UH	m	pulg.	L/s	m	%	m	m²	m/s	cfs	kg/s	kg/s	kg/s	—	m/s	m/s	m	kg/m²	kg/m²	
C1→C3	4	19.12	4 pulg.	0.009	0.25	-0.460	1.00	-0.65	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.028	0.377	0.376	0.126	0.0136	0.317	0.0851
C2→C3	17	16.74	4 pulg.	0.009	0.79	-0.370	1.60	-0.64	0.009059	1.260	0.011417	0.4296	0.069	0.486	0.613	0.200	0.0214	0.482	0.2070
C3→C4	21	10.04	4 pulg.	0.009	0.95	-0.650	1.50	-0.80	0.009059	1.220	0.011054	0.4028	0.086	0.516	0.629	0.222	0.0239	0.530	0.2135
C4→C5	21	16.51	4 pulg.	0.009	0.95	-0.760	1.50	-1.01	0.009059	1.220	0.011054	0.4028	0.086	0.516	0.629	0.222	0.0239	0.530	0.2135
C6→C7	24	5.06	4 pulg.	0.009	1.07	-0.500	1.50	-0.58	0.009059	1.220	0.011054	0.4028	0.097	0.534	0.652	0.237	0.0255	0.560	0.2256
C7→C5	50	4.80	4 pulg.	0.009	1.80	-0.570	1.00	-0.62	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.199	0.655	0.653	0.343	0.0369	0.763	0.2048
C5→C8	71	14.97	4 pulg.	0.009	2.30	-0.940	1.00	-1.09	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.254	0.704	0.701	0.391	0.0419	0.842	0.2260
C9→C10	16	2.00	4 pulg.	0.009	0.76	-0.490	1.60	-0.52	0.009059	1.260	0.011417	0.4296	0.066	0.481	0.606	0.195	0.0210	0.473	0.2031
C10→C11	16	8.24	4 pulg.	0.009	0.76	-0.530	1.60	-0.66	0.009059	1.260	0.011417	0.4296	0.066	0.481	0.606	0.195	0.0210	0.473	0.2031
C11→C12	40	1.38	4 pulg.	0.009	1.53	-0.460	1.00	-0.47	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.169	0.624	0.622	0.316	0.0340	0.713	0.1916
C12→C8	111	20.14	4 pulg.	0.009	2.90	-0.660	1.00	-0.86	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.322	0.755	0.752	0.441	0.0474	0.920	0.2469
C8→C13	111	5.61	4 pulg.	0.009	2.90	-1.100	1.00	-1.16	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.322	0.755	0.752	0.441	0.0474	0.920	0.2469
C13→PTAR	111	1.50	4 pulg.	0.009	2.90	-1.170	1.00	-1.19	0.009059	0.996	0.009026	0.2685	0.322	0.755	0.752	0.441	0.0474	0.920	0.2469

Tabla 7-3. Verificación hidráulica de los colectores sanitarios

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 29/32		

7.7. Interpretación de los resultados

Del análisis hidráulico presentado en la *Tabla 7-3. Verificación hidráulica de los colectores sanitarios*, se concluye que todos los colectores sanitarios proyectados cumplen con los criterios de diseño establecidos por la NTC 1500, el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS) y la Resolución 0330 de 2017.

La relación q/Q presenta valores comprendidos entre **0,028 y 0,322**, lo que indica que ningún tramo trabaja cercano a su capacidad máxima y que todas las tuberías cuentan con un margen suficiente para atender las condiciones normales de operación.

Las velocidades efectivas varían entre **0,376 m/s y 0,752 m/s**, siendo el tramo crítico el que alcanza la mayor velocidad. En conjunto, la red presenta un comportamiento hidráulico adecuado y, combinado con la fuerza tractiva obtenida, garantiza condiciones favorables para el transporte de sólidos.

La relación de llenado y/D oscila entre **0,014 y 0,441**, valores significativamente inferiores al límite recomendado de **0,75**, lo que asegura que las tuberías trabajen a flujo parcialmente lleno, permitiendo la circulación del aire y el correcto funcionamiento del sistema de ventilación.

Finalmente, la fuerza tractiva obtenida en todos los tramos supera el valor mínimo recomendado para garantizar el arrastre de sólidos, reduciendo el riesgo de sedimentaciones y minimizando las necesidades de mantenimiento durante la vida útil del sistema.

7.8. Conclusiones del diseño hidráulico

El análisis desarrollado demuestra que el diámetro de **4 pulgadas** adoptado para los colectores principales es suficiente para transportar el caudal máximo probable de **2,902 L/s** generado por el Instituto Educativo Santa Isabel.

Las verificaciones realizadas mediante la ecuación de Manning y las relaciones hidráulicas para flujo parcialmente lleno evidencian que la red opera con amplios márgenes de seguridad, manteniendo velocidades adecuadas, un grado de llenado inferior al máximo permitido y una fuerza tractiva suficiente para garantizar la autolimpieza de las tuberías.

En consecuencia, se concluye que la red sanitaria proyectada posee la capacidad hidráulica necesaria para conducir las aguas residuales domésticas hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, asegurando un funcionamiento eficiente, seguro y conforme con la reglamentación vigente.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
	Página.: 30/32		

8. PUNTO DE DESCARGA — PTAR 30.000 L

El tramo final de la red (C13→PTAR) conduce la totalidad del caudal sanitario (111 UH = 2,902 L/s) hasta la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. El diseño y dimensionamiento de la PTAR corresponde al documento 03CUR de esta misma serie de memorias de cálculo.

Parámetro	Valor	Referencia
Caudal de diseño en el tramo final	2,902 L/s (111 UH)	Metodo Hunter
Tubería de llegada a PTAR	PVC 4" (Ø_int 107,4 mm)	Colector C13→PTAR
Pendiente del colector final	1,0 %	Diseño hidráulico
Tecnología de la PTAR	Tanque séptico + filtro anaeróbico	Doc. 03CUR
Capacidad de la PTAR (comercial)	30.000 L	Doc. 03CUR
Sistema de alcantarillado público	No disponible — descarga a PTAR propia	Condición del proyecto

Tabla 8-1. Datos del punto de descarga.

9. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN SANITARIA

9.1. Generalidades

El sistema de ventilación de la red sanitaria tiene como finalidad mantener el equilibrio de presiones dentro de las tuberías durante la descarga de las aguas residuales, evitando la pérdida del sello hidráulico de los sifones y el ingreso de gases provenientes de la red sanitaria al interior de las edificaciones.

Para el Instituto Educativo Santa Isabel se adoptó un sistema de ventilación mediante **válvulas de admisión de aire tipo Minivent**, debido a que las edificaciones corresponden a construcciones de un solo nivel, con bajantes de baja altura y recorridos sanitarios relativamente cortos, condiciones que permiten su utilización conforme a los criterios establecidos en la NTC 1500.

Esta solución simplifica la instalación de la red sanitaria, reduce la cantidad de tuberías de ventilación que atraviesan la cubierta y mantiene el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema.

9.2. Descripción y justificación

Las edificaciones son de una sola planta. Por tanto, la longitud de los ramales de descarga es reducida y no se presentan efectos de sifonamiento severo. La NTC 1500:2004 permite resolver la ventilación mediante válvulas minivent (válvulas de admisión de aire) instaladas individualmente en cada ramal, en reemplazo de columnas de ventilación verticales.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 31/32

El sistema no incluye salidas verticales a la cubierta ni columnas de ventilación. Cada válvula minivent admite aire cuando se produce una depresión en la tubería (apertura a ≥ 2 mm de succión) y permanece cerrada ante presiones positivas, impidiendo la salida de gases.

9.3. Criterios de instalación (NTC 1500)

- Una válvula minivent cubre hasta 6 aparatos sanitarios en un radio máximo de 3,00 m.
- Capacidad de ventilación de cada válvula: 7,2 L/s de caudal de aire.
- Instalación: a no menos de 150 mm por encima de la cota de vertimiento del aparato más alto del ramal.
- No se permite instalar en espacios completamente cerrados sin ventilación al exterior.

9.4. Inventario de válvulas minivent

Zona / Ambiente	N° aparatos	N° válvulas	Criterio
Baño garita	2	1	≤ 6 aparatos/válvula
Baño enfermería	2	1	≤ 6 aparatos/válvula
Baño rector	2	1	≤ 6 aparatos/válvula
Cocineta sala de profesores	1	1	≤ 6 aparatos/válvula
Baños sala de profesores	4	1	≤ 6 aparatos/válvula
Batería sanitaria mujeres — aulas	12	4	Grupos de ≤ 6
Batería sanitaria hombres — aulas	12	4	Grupos de ≤ 6
Baño PMR aulas	2	1	≤ 6 aparatos/válvula
Laboratorio	12	4	Grupos de ≤ 6
Baño hombres biblioteca	4	1	≤ 6 aparatos/válvula
Baño mujeres biblioteca	4	1	≤ 6 aparatos/válvula
TOTAL VÁLVULAS MINIVENT	57	20	—

Tabla 9-1. Válvulas minivent requeridas por zona.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El diseño de la red sanitaria y del sistema de ventilación fue desarrollado conforme a los criterios establecidos en la **NTC 1500**, el **Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)** y la **Resolución 0330 de 2017**.
- Mediante el **Método de Hunter** se determinó un caudal máximo probable de **2,902 L/s**, utilizado como base para el dimensionamiento hidráulico de la red sanitaria.
- Las verificaciones hidráulicas realizadas mediante la ecuación de **Manning** demuestran que los colectores proyectados poseen capacidad suficiente para transportar el caudal de diseño sin superar su capacidad hidráulica.

 GOBERNACIÓN DEL CESAR	CONSTRUCCIÓN DE INSTITUTOS EDUCATIVOS EN DIFERENTES MUNICIPIOS DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR		Doc. N°: 02CUR
	MEMORIA DE CALCULO RED SANITARIA Y VENTILACIÓN DEL INSTITUTO EDUCATIVO SANTA ISABEL DE CURUMANÍ		Rev.: 0A Fecha: 25/JUN/2026
			Página.: 32/32

- Los análisis de velocidad, grado de llenado y fuerza tractiva evidencian que la red operará bajo condiciones adecuadas de autolimpieza, reduciendo el riesgo de sedimentación y obstrucción de las tuberías.
- La utilización de tuberías de **PVC sanitario de 4 pulgadas** en los colectores principales garantiza un adecuado desempeño hidráulico y facilita la construcción y el mantenimiento del sistema.
- El sistema de ventilación mediante **válvulas de admisión de aire tipo Minivent** resulta apropiado para las condiciones arquitectónicas e hidráulicas del proyecto, garantizando la protección del sello hidráulico de los aparatos sanitarios.
- La red sanitaria proyectada conduce la totalidad de las aguas residuales domésticas hacia la **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR)**, asegurando la integración del sistema de saneamiento del establecimiento educativo.
- En términos generales, el diseño propuesto cumple con los criterios técnicos y normativos exigidos para garantizar un funcionamiento seguro, eficiente y confiable durante la vida útil del proyecto.
- Ejecutar la instalación de las tuberías respetando las pendientes, alineaciones y diámetros indicados en los planos y en la presente memoria de cálculo.
- Instalar las tuberías sobre una cama de apoyo adecuada y realizar el relleno de las excavaciones por capas, evitando deformaciones o esfuerzos que puedan afectar la red.
- Verificar la hermeticidad de las uniones y realizar las pruebas de funcionamiento antes de la puesta en servicio del sistema.
- Instalar las válvulas **Minivent** en posición vertical y en lugares accesibles para facilitar su inspección y mantenimiento.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya la inspección periódica de cajas de inspección, colectores y dispositivos de ventilación.
- Evitar la descarga de residuos sólidos, grasas o materiales no biodegradables que puedan generar obstrucciones en la red sanitaria.
- En caso de futuras ampliaciones de la infraestructura o incremento de la población estudiantil, se recomienda verificar nuevamente el caudal de diseño y la capacidad hidráulica del sistema.
- Realizar la operación y el mantenimiento de la red sanitaria y de la PTAR de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y las especificaciones técnicas del proyecto, con el fin de garantizar su correcto funcionamiento durante toda su vida útil.