

DISEÑO HIDRÁULICO, SANITARIO, AGUAS LLUVIAS Y RCI.



ING. CARLOS BELLO AVENA
ESPECIALISTA ING INGENIERÍA S.A.S

**FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA
DE LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL
MUNICIPIO DE SAN ONOFRE, DEPARTAMENTO
DE SUCRE - BPIN 20211301011396 – CENTRO
EDUCATIVO BARRANCA SEDE BARRANCA.**

DICIEMBRE 2021

CONTENIDO

DEFINICIONES	4
NORMAS APLICABLES.....	10
1 INTRODUCCIÓN	11
2 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE	12
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	12
2.2 DIMENSIONAMIENTO TANQUE DE ALMACENAMIENTO	12
2.2.1 MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	13
2.3 CALCULO DE LA ACOMETIDA	14
2.4 DEMANDAS DE CAUDAL.....	15
2.5 VELOCIDADES	17
2.6 PÉRDIDAS EN EL SISTEMA	17
2.7 RUTA CRÍTICA.....	18
2.8 SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE	18
3 DESAGÜES DE AGUAS RESIDUALES	22
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	22
3.2 DEMANDAS DE CAUDAL Y DISEÑO DE BAJANTES	22
3.3 VELOCIDADES	24
3.4 CALCULO DE COLECTORES	24
3.5 SISTEMA SÉPTICO INTEGRADO.....	26
4 DESAGÜES DE AGUAS LLUVIAS.....	36
4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA.....	36
4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED	36
4.3 DEMANDAS DE CAUDAL Y DISEÑO DE BAJANTES	37
4.4 REUTILIZACION DE AGUAS LLUVIAS.....	42
5 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO	45
5.1 NORMAS DE REFERENCIA Y CONSIDERACIONES GENERALES	45
5.5 EXTINTORES PORTÁTILES DE FUEGO.....	50
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Implantación General.....	11
Figura 2. Curva y Ecuación de demanda.....	17
Figura 3. Curva característica del equipo de bombeo de Agua Potable.....	20
Figura 4. Esquema de un tanque séptico integrado.....	26
Figura 5. Perfil estratigráfico sondeo No. 1 Proyecto 36	32
Figura 6. Curva IDF ESTACIÓN CARMEN DE BOLIVAR.....	39
Figura 7. Tomas fijas para bomberos propuestas.....	49

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Cálculo Volumen de Almacenamiento y Dimensiones del tanque enterrado.....	13
Tabla 2. Cálculo estimado de acometida futura	14
Tabla 3. Caudales máximos en medidores.....	15
Tabla 4. Caudales medidores en función del % de su capacidad y pérdida en mca.....	15
Tabla 5. Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios ¹	16
Tabla 6. Calculo equipo de bombeo.....	19
Tabla 7. Ruta Crítica Agua Potable Cocina.....	21
Tabla 8. Ruta Crítica Agua Potable Batería Sanitaria.....	21
Tabla 9. Unidades de desagüe de aparato para desagüe de aparatos o sifones	22
Tabla 10. Unidades de desagüe de aparatos individuales y en grupo.....	23
Tabla 11. Cálculo de colectores Red de Agua Residual.....	25
Tabla 12. Contribución de aguas residuales por persona.....	27
Tabla 13. Tiempos de retención para diseño de tanques sépticos.....	27
Tabla 14. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos en tanques sépticos.....	28
Tabla 15. Calculo de volumen.....	28
Tabla 16. Dimensiones del tanque séptico.....	28
Tabla 17. Tiempos de retención hidráulica para filtros anaeróbicos.....	30
Tabla 18. Valores típicos del coeficiente m para filtros anaeróbicos.....	31
Tabla 19. Cálculo de filtro anaerobio de flujo ascendente.....	31
Tabla 20. Permeabilidad estimada de los suelos.....	33
Tabla 21. Calculo pozo de infiltración	34
Tabla 22. Coeficiente de escorrentía. Fuente, MAVDT (2010).....	40
Tabla 23. Calculo de bajantes de aguas lluvias	40
Tabla 24. Cálculo canales en cubierta.....	41
Tabla 25. Cálculo de colectores de aguas lluvias.....	41
Tabla 26. Grupos y subgrupos de ocupación.....	47
Tabla 27. Calculo Red Contra Incendio.....	50
Tabla 28. Tamaño y localización de extintores de incendio para riesgos de Clase A.....	50

DEFINICIONES

Acometida

Derivación de la red de distribución que llega hasta el registro de corte de un usuario. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Agua potable

Reúne los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos que la hacen apta y aceptable para el consumo humano; cumple con la NTC 813, Resolución 2115 de 2007 y con las demás normas de calidad de agua.

Aguas lluvias

Aguas provenientes de la precipitación pluvial.

Aguas residuales

Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias.

Alcantarillado

Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales y/o de las aguas lluvias.

Alcantarillado combinado

Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte simultáneo de aguas residuales y de aguas lluvias.

Alcantarillado particular

Alcantarillado diseñado y construido para el servicio exclusivo de cualquier clase de edificación.

Alcantarillado público

Alcantarillado diseñado y construido para el servicio de la comunidad en general.

Aparato sanitario

Artefacto que facilita la utilización del agua potable, está conectado a una instalación interior y descarga al sistema de desagüe una vez utilizado.

Bajante

Tubería principal, vertical, de un sistema de desagüe de aguas lluvias o residuales, o de un sistema de ventilación, que se extiende a través de uno o más pisos.

Caja de inspección

Estructura para la conexión de desagües subterráneos con posibilidad de inspección. Debe estar provista de cañuelas en mortero que garanticen el flujo, y de tapa removible.

Caja final de inspección

Estructura localizada fuera del paramento del predio, a partir de la cual se realiza la conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado.

Colector

Conducto destinado a evacuar aguas lluvias o aguas servidas.

Conexión cruzada

Unión entre un sistema que contiene o conduce agua potable y otro que contiene o conduce cualquier sustancia que pueda causar contaminación del agua potable.

Conexión domiciliaria

Conducto que transporta las aguas residuales, lluvias o combinadas desde la caja final de inspección hasta un colector de la red pública de alcantarillado.

Contaminación del agua

Alteración de sus características organolépticas, físicas, químicas, radioactivas y/o microbiológicas, que producen o pueden producir rechazo, enfermedad o muerte al consumidor.

Contaminante

Elemento que causa contaminación.

Desagüe de aguas residuales

Conducto que transporta aguas servidas.

Desagüe final del edificio

Colector que recibe aguas servidas y las conduce a la caja final de inspección.

Desagüe de aparato sanitario

Conexión del aparato sanitario al sistema de desagüe del edificio.

Desagüe de cubierta

Conexión de las bocas de captación en las cubiertas con el sistema de bajantes de aguas lluvias.

Desperdicio

Residuo orgánico susceptible de descomposición.

Desecho

Término general para residuos industriales sólidos.

Desperdicio líquido

Descarga de cualquier artefacto, aparato, o accesorio en conexión con un sistema de desagüe que no recibe excrementos.

Desagüe de aguas lluvias

Colector que transporta solamente aguas lluvias.

Entidad competente

Persona natural o jurídica con autoridad directa o delegada para administrar y exigir el cumplimiento contractual de los requisitos de esta norma.

Equipo eyector de aguas negras

Dispositivo mecánico fijo, que sirve para evacuar aguas negras o desechos líquidos que no puedan ser evacuados por gravedad.

Golpe de ariete

Sobrepresión producida por la detención brusca del flujo de agua.

Grifería

Accesorios terminales de distribución del sistema de suministro.

Grifería de limpieza

Accesorios que permiten evacuar agua con sedimentos de una tubería o un recipiente.

Instalación interior

Conjunto de tuberías, equipos o dispositivos, destinados al abastecimiento y distribución del agua, evacuación de los residuos líquidos y ventilación del sistema de tubería dentro de las edificaciones. Comprende los sistemas de suministro de agua potable, de desagüe y de ventilación.

Pendiente

Declive o inclinación de una tubería, referida a un plano horizontal. Se expresa en porcentaje o en milímetros de desnivel por metro de longitud del tubo.

Pozo de inspección

Estructura construida principalmente de ladrillo y concreto, diseñada para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores de alcantarillado.

Pozo eyector

Tanque que recibe aguas lluvias o servidas que no pueden ser evacuadas por gravedad y requieren vaciarse por medio mecánico.

Presión residual

Presión disponible en la entrada de la grifería del aparato sanitario, después de considerar todas las pérdidas causadas por la instalación durante los periodos de máxima demanda.

Ramal de descarga

Tubería que recibe directamente los efluentes de aparatos sanitarios.

Ramal de desagüe

Tubería que recibe los efluentes del ramal de descarga.

Ramal de ventilación

(Reventilación) tubo ventilador secundario o individual.

Ramal de agua

Tubería que abastece de agua una salida aislada, o dentro de los límites del ambiente respectivo, un baño o un grupo de aparatos sanitarios.

Rebose

Nivel de rebose borde extremo de un receptor por encima del cual el agua se debe rebosar de un depósito o de los aparatos sanitarios.

Registro

Dispositivo de cierre instalado en un tramo de tubería.

Reflujo

Flujo en el sentido inverso al previsto para un conducto.

Sello hidráulico

Volumen de agua existente en un sifón.

Sifón

Dispositivo en forma de “U” que mantiene un sello de agua que impide la salida de los gases de la instalación sanitaria.

Sistema de desagüe

Conjunto de tuberías, accesorios y equipos, destinados a la evacuación de las aguas servidas y aguas lluvias de una edificación.

Sistema de suministro de agua potable

Conjunto de tuberías, accesorios, equipos, griferías y aparatos sanitarios destinados al manejo y distribución del agua potable dentro de una edificación.

Sistema de ventilación

Conjunto de tuberías y accesorios instalados para proveer una corriente de aire desde o hacia el sistema de desagüe, que proporcione circulación de aire dentro del sistema, con el fin de prevenir la pérdida del sello de los sifones, por sifonaje o contrapresión.

Soportes

Son dispositivos para apoyar y asegurar apropiadamente tuberías, aparatos y equipos.

Tanque de gravedad

Tanque localizado sobre inodoros, orinales o aparatos similares, o integrado en estos, para propósitos de limpieza de la porción utilizable del aparato.

Válvula balanceadora de presión

Válvula que registra las presiones de entrada de agua fría y caliente y compensa las fluctuaciones en una o en otra para estabilizar la temperatura de salida.

Válvula combinada de control de temperatura y balanceo de presión

Válvula mezcladora que registra la temperatura de salida y las presiones de entrada del agua fría y caliente y balancea las fluctuaciones en las temperaturas y/o presiones de entrada del agua fría y caliente para estabilizar la temperatura de salida.

Válvula de cheque

Accesorio instalado en los sistemas de abastecimiento a presión para permitir el flujo en un solo sentido.

Válvula antirreflujo

Accesorio de funcionamiento automático destinado a evitar la inversión del flujo normal de cualquier conducto de desagüe, de tal manera que se asegure el sentido especificado por diseño para el flujo del contenido de los alcantarillados de aguas lluvias o negras o de los canales abiertos.

Válvula de fluxómetro

Dispositivo diseñado para descargar súbitamente una cantidad predeterminada de agua requerida para la limpieza del aparato sanitario, activado por la presión residual del agua.

Ventilación

Cualquier tubería que sirve para ventilar un sistema sanitario y para prevenir el sifonaje y la contrapresión, o para equilibrar las presiones neumáticas dentro de dicho sistema.

NORMAS APLICABLES

NTC-1500

Código Colombiano de fontanería – Tercera Actualización

RAS-2010

Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico

Resolución 0330 de 2017

Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

NSR-10: Código nacional de Construcciones Sismo Resistentes, Título J. Protección contra incendios en edificaciones y

NSR-10: Código nacional de Construcciones Sismo Resistentes, Título K – Requisitos Complementarios.

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento incluye las memorias de cálculo de las redes internas, desagües de aguas residuales, desagües de aguas lluvias y red contra incendio para la **Institución Educativa Barrancas – Sede Barranca**, ubicado en el municipio de San Onofre, en el departamento de Sucre, en marco del contrato de consultoría 0047-2020, cuyo objeto es: **“LA EJECUCIÓN DE LOS, ESTUDIOS Y DISEÑOS A NIVEL DE FACTIBILIDAD Y DE INGENIERÍA DE DETALLE, LA ESTRUCTURACIÓN TÉCNICA, FINANCIERA Y LEGAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA, IDENTIFICADOS DENTRO DE LOS PLANES DE ACCIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN REGIONAL - PATR, DEL PROGRAMA DE DESARROLLO CON ENFOQUE TERRITORIAL - PDET, PRIORIZADAS POR LA AGENCIA DE RENOVACIÓN DEL TERRITORIO – ART”**

La institución educativa es existente y cuenta con salones de aulas, espacios deportivos, oficinas, etc. Se proyectan dos nuevos bloques, uno dispuesto para una batería de baños (■), y otro para comedor (■), los cuales son identificados la Figura 1. La institución presta el servicio escolar en jornada única para la atención de estudiantes de transición y primaria con una matrícula por registro SIMAT de 137 estudiantes.



Figura 1. Implantación General.

La institución cuenta con suministro de agua por acueducto existente, a partir del cual se proyecta una acometida para llenado de tanques elevados. No se cuenta con disponibilidad del servicio de alcantarillado sanitario, por lo que para el diseño se proponen cajas de inspección como receptoras del caudal generado en cada bloque, y como receptor final, se propone un sistema de tratamiento integrado compacto (tanque séptico + FAFA), y la disposición final de las aguas tratadas mediante sistema de infiltración en sitio. Estos sistemas se describen y se calculan en los siguientes capítulos de este documento.

2 SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

La institución educativa cuenta con suministro de agua por parte del acueducto existente en la zona donde está localizado. A partir de las redes existentes, se proyecta una acometida que se encarga del llenado del tanque de almacenamiento enterrado que se encuentra en inmediaciones de los bloques que hacen parte del proyecto y cuenta con una capacidad de almacenamiento de dos días. Desde el tanque enterrado se proyecta el llenado de los tanques elevados ubicados en la cubierta de cada bloque, mediante sistema de bombeo. Justo antes del ingreso de la tubería de alimentación al tanque de almacenamiento de agua potable, se propone la instalación de un medidor de agua, con el fin de tener control del consumo de agua en las nuevas edificaciones.

La red de distribución interna se encarga de alimentar los servicios requeridos en el proyecto. Se plantea una columna de distribución principal ubicada en un ducto, de acuerdo con la arquitectura y estructura.

NOTA: El agua suministrada (ya sea mediante la red de acueducto y/o carro tanque) deberá cumplir con los requerimientos y parámetros de calidad del agua para consumo humano de acuerdo con la Resolución 2115 de 2007.

2.2 DIMENSIONAMIENTO TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para garantizar el suministro continuo de agua potable en el proyecto y una adecuada prestación del servicio ante una eventual suspensión por reparaciones o mantenimientos, se diseña un tanque de almacenamiento bajo, que alimenta tanques elevados que se encargan de alimentar los sistemas requeridos en los bloques. La reserva de agua diseñada suple la demanda durante dos días de consumo, ya que no se cuenta con suministro continuo de agua.

El volumen de almacenamiento se calcula teniendo en cuenta la población total atendida y al consumo promedio diario que pueda tener dicha población. Teniendo en cuenta que el título B del RAS no especifica un consumo para comedores y/o restaurantes, y que la dotación indicada en la resolución 0330 de 2017 no se enfoca en dicho uso, como criterio de diseño se adopta la dotación indicada en la NTC-1500 en su segunda actualización, la cual es de 4 L/día/comida. El comedor tiene una capacidad de 137 niños y presta su servicio en dos turnos.

La dotación utilizada para las baterías sanitarias obedece el requerimiento presentado en la tabla B.2.8 del título B del RAS. A continuación, se presenta el cálculo del volumen según los requerimientos antes mencionados. Así mismo de acuerdo con Pérez Carmona 2019, el tanque enterrado tendrá capacidad para el 60% del volumen requerido y los tanques elevados tendrán capacidad para el 40% restante.

Tabla 1. Cálculo Volumen de Almacenamiento y Dimensiones del tanque enterrado.

BLOQUE	No PERSONAS	DOTACIÓN	Unidad de Dotación	VOLUMEN (Litros)	VOLUMEN TOTAL (M3) (2 días)	VOLUMEN TANQUE ENTERRADO (M3)	VOLUMEN TANQUE ELEVADO (M3)
COCINA-COMEDOR	137	4	L/comida/día**	1096	2,2	1,4	0,9
BATERIA SANITARIA	137	20	l/hab/día*	2740	5,6	4,2	1,4

* Dotación recomendada por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, y el Decreto 330 de 2017
 ** Dotación recomendada por la Norma Técnica Colombiana NTC -1500
 *** Dotación recomendada por la Guía de Construcción sostenible para el Ahorro de Agua y Energía en Edificaciones

VOLUMEN TOTAL TANQUE ENTERRADO (m3):	5,6		
VOLUMEN ADOPTADO TQ ENTERRADO (m3):	5,8		
DIMENSIONES ADOPTADAS			
LADO 1	LADO 2	ALTURA UTIL	ALTURA TOTAL
2.2	2.2	1.2	1.50

De acuerdo con esto, se proyecta la construcción de un tanque enterrado de 5,8m³, cuyas medidas adoptadas son 4,84m² y una altura útil de 1.2 m, garantizando almacenamiento para 2.0 días. El volumen de los tanques elevados requerido para cada bloque, se distribuye en tanques bajitos tipo colempaques, así:

- **Bloque cocina:** 3 tanques de 500 litros para un total de 2000 litros (2,0 m3)
- **Bloque batería:** 3 tanques de 500 litros para un total de 1500 litros (1,5 m3).

2.2.1 MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE

De acuerdo con el “PROTOCOLO PARA EL MANTENIMIENTO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN MULTIFAMILIARES Y ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES E INDUSTRIALES”, se tienen las siguientes indicaciones para tener en cuenta en el mantenimiento y desinfección de los tanques de almacenamiento de agua potable.

Cada tanque de almacenamiento de agua potable para consumo humano se deberá lavar y desinfectar con una frecuencia de cada (4) meses. Corresponde a la administración de la institución educativa, programar este mantenimiento, preferiblemente en días de bajo consumo, previa notificación a los usuarios, e implementando un plan de mitigación que permita atenuar la suspensión del servicio o bien, alternando los lavados de los tanques, de modo que siempre quede uno de los tanques en funcionamiento mientras se hace mantenimiento al otro. Esta actividad se debe desarrollar con una firma certificada para dicha labor.

Desinfección:

Es muy importante que el tanque se encuentre bien aireado, para permitir la evacuación de los fuertes olores producidos por la aplicación del Cloro.



El técnico impregnara las paredes y piso con la solución desinfectante preparada en el laboratorio, puede emplear rodillo, atomizador u otro elemento aspersor. Al finalizar esta actividad se deja actuar por una hora; concluido el lapso, se enjuaga por última vez con abundante agua.

Las opciones de desinfectante son:

- Opción 1: Solución desinfectante 100 ppm: (disolver 2.857 g de cloro activo al 70% en 20 litros de agua).
- Opción 2: Solución desinfectante: Hipoclorito de sodio al 15%.
- Opción 3: Solución desinfectante: Sales de amonio cuaternario al 2.5% en 10 litros de agua.

Se vacía el agua de lavado mediante bombas extractoras de agua o por válvula de desagüe. Antes de iniciar el llenado del tanque, se verifica el correcto funcionamiento del flotador y las válvulas de cierre. Finalmente se procede al llenado. Solamente podrá restablecerse el servicio en el suministro interno de agua potable, una vez se cumpla con el requisito de cloro residual.

La medición de cloro residual deberá realizarse por el método colorimétrico que utiliza DPD 2. Una vez reiniciado el sistema de suministro de agua potable, un laboratorio acreditado tomará una muestra del agua presente, para los análisis correspondientes.






Esta actividad de limpieza y desinfección del tanque, dando cumplimiento a lo establecido en la resolución 4145.0.21.0382 de 2014, se deberá realizar con una frecuencia de 3 veces al año, garantizando agua apta para consumo humano.

2.3 CALCULO DE LA ACOMETIDA

Para el cálculo de la acometida se tiene en cuenta la longitud de la tubería desde la localización aproximada de la red existente (válvula localizada en levantamiento topográfico), hasta el llenado del tanque bajo. Los tiempos de llenado de tanque se establecen máximo de 8 horas.

A continuación, se presenta el cálculo estimado de la acometida. Es de aclarar, que la longitud horizontal se toma de manera aproximada, ya que no se tiene conocimiento de la ubicación exacta de la red. Para esto, se toma una longitud máxima de acometida de 66.55 metros.

Tabla 2. Cálculo estimado de acometida futura

Tabla 2.- Caudal estimado de acometida futura																			Chequeo de Vmáx			
ACOMETIDA IED BARRANCAS																						
Punto o Tramo	Caudal	Velocidad	V ² /2g	m Flamant Ø < 2"	m Hazen Ø >= 2"	φ	Longitud de tubería										Pérdidas	Presión				
							Horizontal	Vertical						Otros	Accesorios	Total						
	(lps)	(m/s)	(m)	(m/m)	(m/m)	(pul)	(m)	(m)	#	#	#	#	#	#	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)			
1-2	0,21	0,41	0,01	0,008	0,009	1	66,55	1,00	3	1				1		6,76	9,27	76,82	0,65			
Volumen del tanque = <table border="1"><tr><td>5808</td></tr></table> litros																			5808	Pérdidas (m) = Altura del tanque(m) = Altura de la lámina de agua (m) = Presión necesaria a la salida (m) = Altura estática (m) = Contador de agua (m) = Filtro de agua (m) = Presión necesaria (m) =	0,65	(-) A Favor
5808																						
Caudal =	<table border="1"><tr><td>0,21</td></tr></table> l/s	0,21	0,76 m3/h	0,00																		
0,21																						
Tiempo de llenado =	<table border="1"><tr><td>7,7</td></tr></table> horas	7,7	< 12 horas	0,00																		
7,7																						
Tabla 3,36 (Carmona) para medidor de 1/2" a 75% de capacidad nominal =																			1,00			
																			2,00			
																			1,00			
																			6,65			

Teniendo en cuenta el cálculo presentado, el proyecto requiere una acometida de 1" para llenar el tanque de almacenamiento en 7,7 horas aproximadamente. En cuanto al medidor, se requiere un medidor de ½", según la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3. Caudales máximos en medidores.

TAMANO		mm Pulgadas	15 ½"	20 ¾"	25 1"	30 1¼"	40 1½"
CAUDALES	MÁXIMO O NOMINAL, Produciendo una pérdida de carga de 10m de col. de a (a considerar como caudal punta)	m³/h	3	5	7	10	20
	En servicio de 1 hora diaria	m³/h	1.5	2.5	3.5	5	10
	En servicio de 10 horas diarias	m³/h	0.9	1.5	2.1	3	6
	En servicio de 24 horas diarias	m³/h	0.6	1	1.4	2	4
Campo de medida	Arranque con caudales no mayores	lt/h	18	25	35	50	90
	Límite inferior a partir del cual registra con error no mayor que ±5%	lt/h	40	60	80	105	170
	Límite de separación, a partir del cual registra con error no mayor que ±2%	lt/h	150	250	350	500	1.000
Esfera integradora	Indicación mínima	Litros	1				1
	Capacidad máxima	m³	10.000				100.000

Fuente: Granados Jorge Armando, REDES HIDRÁULICAS Y SANITARIAS EN EDIFICIOS, 1987.

Tabla 4. Caudales medidores en función del % de su capacidad y pérdida en mca.

Diámetro en pulgada	Caudal Nominal en m³/h	Caudal Nominal en l/s	%	20	25	30	35	40	43	44	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
				Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s	Qd l/s	Qd m³/s
1/2	3,00	0,84		0,17	0,21	0,25	0,29	0,34	0,36	0,37	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59	0,63	0,67	0,71	0,76	0,80	0,84
1/2	3,30	0,92		0,18	0,23	0,28	0,32	0,37	0,39	0,40	0,41	0,46	0,51	0,55	0,60	0,64	0,69	0,74	0,78	0,83	0,87	0,92
3/4	5,00	1,40		0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,60	0,62	0,63	0,70	0,77	0,84	0,91	0,98	1,05	1,12	1,19	1,26	1,33	1,40
3/4	5,70	1,58		0,32	0,40	0,47	0,55	0,63	0,68	0,69	0,71	0,79	0,87	0,95	1,03	1,11	1,19	1,26	1,34	1,42	1,50	1,58
1	7,00	1,96		0,39	0,49	0,59	0,69	0,78	0,84	0,86	0,88	0,98	1,08	1,18	1,27	1,37	1,47	1,57	1,67	1,76	1,86	1,96
1	9,60	2,70		0,54	0,68	0,81	0,95	1,08	1,16	1,19	1,22	1,35	1,49	1,62	1,76	1,89	2,03	2,16	2,30	2,43	2,57	2,70
1	10,00	2,80		0,56	0,70	0,84	0,98	1,12	1,20	1,23	1,26	1,40	1,54	1,68	1,82	1,96	2,10	2,24	2,38	2,52	2,66	2,80
1 1/2	20,00	5,60		1,12	1,40	1,68	1,96	2,24	2,41	2,46	2,52	2,80	3,08	3,36	3,64	3,92	4,20	4,48	4,76	5,04	5,32	5,60
2	30,00	8,40		1,68	2,10	2,52	2,94	3,36	3,61	3,70	3,78	4,20	4,62	5,04	5,46	5,88	6,30	6,72	7,14	7,56	7,98	8,40

Fuente: (Perez Carmona, 2019)

2.4 DEMANDAS DE CAUDAL

Para el diseño general del sistema se establecen las demandas de caudal en los aparatos, por medio del método probabilístico de Hunter establecido en la NTC-1500 en su última actualización, a continuación, se muestran los valores de carga que se asignan para aparatos sanitarios.

NOTA: Todos los aparatos sanitarios a instalar en los diferentes proyectos serán tipo tanque.

Tabla 5. Valores de carga asignados a los aparatos sanitarios¹.

Aparato	Uso	Tipo de control de suministro	Valores de carga en unidades de		
			Fría	Caliente	Total
Grupo de Baño	Privado	Sanitario de Tanque	2,7	1,5	3,6
Grupo de Baño	Privado	Válvula Fluxómetro	6	3	8
Bañera	Privado	Grifo	1	1	1,4
Bañera	Público	Grifo	3	3	4
Bidé	Privado	Grifo	1,5	1,5	2
Accesorio de combinación	Privado	Grifo	2,25	2,25	3
Lavavajillas	Privado	Automático	-	1,4	1,4
Bebedores	Oficinas, etc.	Válvula 3/4 pulgada	0,25	-	0,25
Lavaplatos	Privado	Grifo	1	1	1,4
Lavaplatos	Hotel, restaurante	Grifo	3	3	4
Bandeja para el lavado de ropa (1 a 3)	Privado	Grifo	1	1	1,4
Lavamanos	Privado	Grifo	0,5	0,5	0,7
Lavamanos	Público	Grifo	1,5	1,5	2
Poceta de servicio	Oficinas, etc.	Grifo	2,25	2,25	3
Regadera	Público	Válvula mezcladora	3	3	4
Regadera	Privado	Válvula mezcladora	1	1	1,4
Orinal	Público	Válvula Fluxómetro 1"	10	-	10
Orinal	Público	Válvula Fluxómetro 3/4"	5	-	5
Orinal	Público	Tanque de descarga	3	-	3
Lavadoras automáticas para ropa (8 lb)	Privado	Automático	1	1	1,4
Lavadoras automáticas para ropa (8 lb)	Público	Automático	2,25	2,25	3
Lavadoras automáticas para ropa (15 lb)	Público	Automático	3	3	4
Inodoro	Privado	Válvula Fluxómetro	6	-	6
Inodoro	Privado	Válvula Fluxómetro	2,2	-	2,2
Inodoro	Público	Válvula Fluxómetro	10	-	10
Inodoro	Público	Válvula Fluxómetro	5	-	5
Inodoro	Público o Privado	Tanque Fluxómetro	2	-	2

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

Fuente: NTC 1500, Tabla B.1.3.3 (2)

Para cada aparato y dependiendo de las unidades de carga, es posible estimar el caudal máximo probable, basado en el concepto de que únicamente unos pocos aparatos de todos los que están conectados al sistema, entrarán en operación simultánea en un instante dado. Este caudal se obtiene según la "Tabla para estimación de demanda B.1.3.3. (3)" tomada de la NTC-1500 - Tercera actualización; a partir de la cual se construye la curva de equivalencia entre unidades de carga y caudales, y así mismo la ecuación que arroja directamente el caudal de consumo (Figura 2).

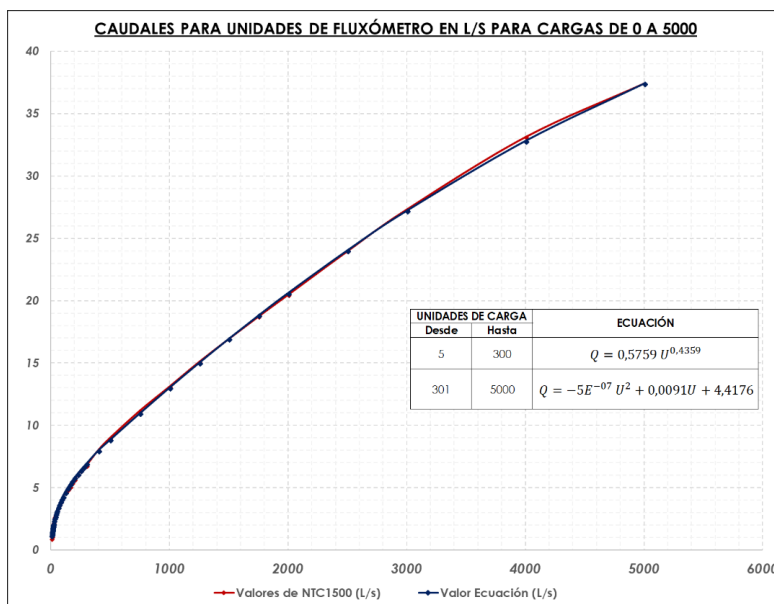


Figura 2. Curva y Ecuación de demanda.

Fuente: Autor

2.5 VELOCIDADES

La velocidad mínima para garantizar arrastre de partículas o sedimentos es de 0.6 m/s. La velocidad máxima para evitar ruidos, erosión de la tubería y golpe de ariete es de 2.0 m/s para diámetros inferiores a 2½" y de 2.5 m/s para diámetros iguales o superiores.

La velocidad se obtiene de la fórmula de continuidad:

$$Q = V \cdot A$$

Donde:

Q = Caudal obtenido.

A = Área interna de la tubería.

Se verifica para cada diámetro seleccionado en las tuberías que la velocidad se encuentre dentro de los rangos permitidos.

2.6 PÉRDIDAS EN EL SISTEMA

Para el cálculo de las pérdidas por fricción en las tuberías de suministro, se utiliza la fórmula de Hazen-Williams, cuya expresión general es:

$$J = \left| \frac{Q}{280 \times C \times \phi^{2.63}} \right|^{1.85}$$

Donde:

J = Pérdidas por fricción m/m.

Q = Caudal transportado.

Ø = Diámetro nominal.

C = coeficiente de rugosidad (PVC=150)

Para calcular la presión en los extremos se utiliza la ecuación de Bernoulli:

$$Z_1 + \left(\frac{P_1}{\gamma}\right) + \left(\frac{V_1}{2g}\right)^2 = Z_2 + \left(\frac{P_2}{\gamma}\right) + \left(\frac{V_2}{2g}\right)^2 + hf_{(1-2)}$$

Donde:

$$hf_{(1-2)} = J \times L_{(1-2)}$$

$$L_{(1-2)} = \text{Long tubería} + \text{Long equivalente por accesorios}$$

A los accesorios existentes en la red, se les asigna una longitud equivalente dependiendo de su material, su diámetro y sus características geométricas.

2.7 RUTA CRÍTICA

La ruta crítica es la condición más desfavorable para el sistema de abastecimiento y por tanto es la condición para la cual se dimensionan los sistemas a utilizar. Para su evaluación, se estiman las unidades de consumo de los aparatos, las longitudes de las tuberías del sistema y sus accesorios. Luego se calcula el máximo caudal probable asociado a las unidades de consumo, se estiman las pérdidas por fricción y se verifican las velocidades y presiones necesarias para el correcto funcionamiento de la red.

En este caso se evalúan dos rutas críticas para verificación de diámetros y presiones en la totalidad de la red. Para el bloque de cocina, se presenta el cálculo de la ruta crítica hasta la ducha más alejada, para la batería sanitaria se presenta el cálculo de la ruta crítica hasta la ducha más alejada.

2.8 SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE

Teniendo en cuenta la distancia y ubicación del tanque enterrado, se propone un equipo de bombeo que se encarga de garantizar el llenado de los tanques elevados en los diferentes bloques. Este hace referencia a una bomba de eje horizontal, centrífuga y con motor eléctrico. En la Tabla 6, se presenta el dimensionamiento del equipo de bombeo que requiere el proyecto.

El caudal del equipo se calcula sumando el volumen de almacenamiento de los tanques elevados de todos los bloques (2300 litros) y estableciendo un tiempo de llenado de 2.1 horas.

Datos generales		Dos Bombas cuyo caudal es			
Caudal de diseño (Q) =	0,30 L/s	4,76 GPM	1,1 m ³ /h		
Cálculo de la succión					
Diámetro de succión =	1 pulg	0,0254 m			
Velocidad en tubería =	0,59 m/s				
Coefficiente de Hazen =	120,00 HG				
Pérdida unitaria (Pu) =	0,026317 m/m	Hazen & Williams			
Longitud de la succión (L) =	2 m				
1 Válvula de pie con coladera	1 AI	9,50	m		
1 Codo radio medio	1 AI	1,06	m		
1 Válvula de compuerta abierta	1 AI	0,28	m		
1 Salida de tubería	1 AI	1,13	m		
Longitud accesorios (La) =	11,97 m				
Longitud Total de succión =	13,97 m				
Pérdidas por fricción (Hf) =	0,37 m	Hf = Pu x (L+La)			
Carga de velocidad (Hv) =	0,0179 m	Hv = V ² /(2g)			
Diferencia de nivel (Hn) =	2,00 m				
Altura total de succión (HS) =	2,39 m				
Chequeo de succión					
Elevación sobre el nivel del mar =	30 msnm				
Presión Barométrica (PB) =	10,29 m	Descontar 1,2 m por cada 1000 msnm			
Tensión de vapor del agua (Tv) =	0,24 m	Para agua a 20°C			
NPSH disponible =	7,67 m	NPSH = PB - Tv - HS			
Pérdida por temperatura (a) =	0,24 m	Para agua a 20°C			
Pérdida por altura snm (b) =	0,04 m	Descontar 1,2 m por cada 1000 msnm			
Pérdidas por depr. Barom. (c) =	0,36 m	Steel			
Pérdidas vacío imperf. bomba (d) =	2,10 m	Entre 2,4 y 1,8 (Steel)			
Pérdidas por fricción y acc. (e) =	0,37 m	Hf			
Pérdidas por velocidad (f) =	0,0179 m	Hv = V ² /(2g)			
Altura Máxima de Succión (AMS)=	7,21 m	AMS = 10,33 - (a+b+c+d+e+f)			
Cálculo de la Impulsión					
Diámetro de impulsión (D) =	1,25 pulg	0,03175 m			
Velocidad del flujo (V) =	0,38 m/s	Qo = V x Pi x D ² / 4			
Altura total de impulsión (HT) =	12,84 m	Según Anexo 1A			
Cálculo de la bomba					
Cabeza Dinámica Total (CDT) =	20,22 m	28,72 psi	CDT = HS + HT		
Eficiencia (n) =	0,65				
Potencia del motor (P) =	0,12 HP	0,09 kW	P = Q x H / (76n)		

Tabla 6. Calculo equipo de bombeo.

Se tiene entonces que para el proyecto se requiere de un equipo de bombeo conformado por una bomba 0.3L/s y CDT de 20.22 mca.

A partir de las características del equipo de bombeo calculado, se toma como referencia el catálogo de bombas de Barnes, con el fin de escoger la curva de la bomba que más se ajusta a las necesidades del proyecto. Se recomienda que para la instalación de los equipos se utilice esta curva o de características similares.

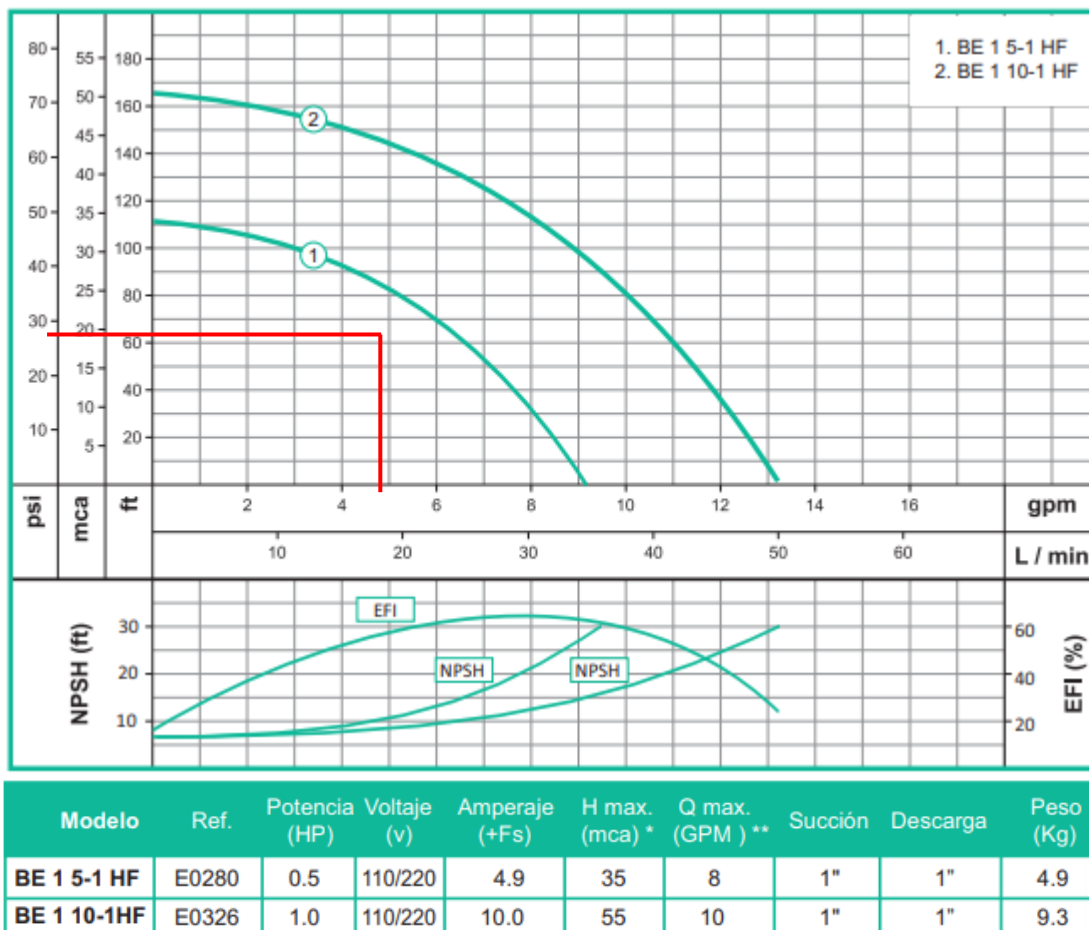


Figura 3. Curva característica del equipo de bombeo de Agua Potable.

Tabla 7. Ruta Critica Agua Potable Cocina.

RUTA:		BLOQUE COCINA - Lavaplatos mas alejado																			
Uso =		U		Al interior de residencias (R) con aparatos comunes / Otros usos (U)																	
Fluxómetros =		N		Sistema con predominio de aparatos de fluxómetro (S/N)																	
C (Hazen)=		150																			
C (Flamant)=		0,0001																			






Punto o Tramo	Inodoro TK	Lavaplatos	Lavamanos	Poceta de aseo	Ducha	Orinal	U de A	Al interior de residencias(*)					Caudal máximo probable (Flux) (**) (lps)	Caudal máximo probable usado para diseño (lps)	Velocidad (m/s)	V ² /2g (m)	m Flamant Ø < 2" (m³/m)	m Hazen Ø >= 2" (m³/m)	φ (pul)	Longitud de tubería								Pérdidas (m)	Diferencia de Nivel (-) En contra (+) A favor (m)	Presión (m)	Chequeo de Vmáx
								No. de salidas (S)	Coef. Simultaneidad (K1) Aparatos comunes	Unidades calculadas Simul.	Horizontal (m)	Vertical (m)													Otros (m)	Accesorios (m)	Total (m)				
DE	A	#	#	#	#	#																									
1																														2,01	
1	2		1				1	1	1.00	2.00	0.67	0.13	1.03	0.05	0.098	0.108	1/2	0.68	-0.60	2					0.00	0.73	2.01	0.20	-0.60	2.01	OK
2	3		1				3	2	1.00	3.00	0.90	0.19	0.37	0.01	0.007	0.007	1	1.54	0.00			1		0.00	0.38	1.92	0.01	0.00	2.86	OK	
3	4						4	3	1.00	5.00	1.08	0.29	0.37	0.01	0.005	0.006	1 1/4	4.71	2.75			1		0.00	0.46	7.92	0.04	2.75	2.88	OK	
4	5	3	1	3	1		15	11	1.00	16.00	1.88	0.73	0.64	0.02	0.011	0.013	1 1/2	3.35	0.25	1	1			0.00	0.74	4.34	0.05	0.25	0.18	OK	
TOTAL		3	4	3	1	0	0	15			1.88				0.07			10.3	2.4							16.2	0.3				

Tabla 8. Ruta Critica Agua Potable Bateria Sanitaria.

[illegible]

3 DESAGÜES DE AGUAS RESIDUALES

3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema de desagües de las aguas residuales del proyecto consiste en un conjunto de tuberías instaladas al interior que permitirán la captación y conducción de las aguas servidas mediante tuberías de PVC Sanitaria y sus accesorios, hasta el pozo séptico propuesto para la disposición final del caudal generado.

La red propuesta para la recolección, conducción y disposición de las aguas residuales al interior del proyecto se diseña totalmente independiente de la recolección y conducción de aguas lluvias.

El diseño se realiza verificando los parámetros de relación de llenado ($y/D < 0.85$) y esfuerzo cortante mínimo para arrastre de sólidos (1.5 N/m^2).

3.2 DEMANDAS DE CAUDAL Y DISEÑO DE BAJANTES

El caudal de diseño de las tuberías de aguas residuales se determina a partir del caudal máximo probable obtenido mediante el método de Hunter, de acuerdo con el tipo y las características de los aparatos. A partir de la Tabla 9 es posible estimar el diámetro de la bajante a partir del máximo número admisible de unidades de Hunter.

Los caudales de agua residual se calcularon a partir de las unidades sanitarias de descarga, obtenidas de la tabla 8.9.1 y 8.9.2 de la NTC 1500, mostradas a continuación.

Tabla 9. Unidades de desagüe de aparato para desagüe de aparatos o sifones

Desagüe de aparato o sifón (Pulgadas)	Valor unitario de desagüe de aparato
1 1/4	1
1 1/2	2
2	3
2 1/2	4
3	5
4	6

Tabla 10. Unidades de desagüe de aparatos individuales y en grupo

Tipo de aparato o accesorio	Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga	Dimensión mínima del sifón (pulgadas)
Maquina automática de lavar ropa, comercial ^a	3	2
Maquina automática de lavar ropa, residencial ^a	2	2
Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 6.06 lpf (1.6 gpd inodoro)	5	-
Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 (lavado del inodoro mayor a 6.06 lpf (1.6 gpd inodoro)) ^f	6	-
Bañera ^a (con o sin regadera o accesorios de hidromasaje)	2	1 ½
Bidé	1	1 ¼
Combinación de poceta y bandeja	2	1 ½
Lavamanos dental	1	1 ¼
Unidad o escupidora dentales	1	1 ¼
Lavadora para platos ^a , domestica	2	1 ½
Bebedero	½	1 ¼
Desagüe de emergencia para pisos	0	2
Desagües de piso ^a	2 ⁿ	2
Poceta de piso	H	2
Lavaplatos, domestico	2	1 ½
Lavaplatos con triturador de vertimientos y/o lavavajillas	2	1 ½
Bandeja para lavar ropa (1 o 2 compartimentos)	2	1 ½
Lavamanos	1	1 ¼
Ducha (basado en el gasto total nominal a través de regaderas y duchas de mano) gasto nominal:		
0.36 L/s (5.7 gpm) o menos	2	1 ½
Más de 0.36 L/s hasta 0.78 L/s (Mas de 12.3 gpm hasta 12.3 gpm)	3	2
Más de 0.78 L/s hasta 1.63 L/s (Mas de 5.7 gpm hasta 25.8 gpm)	5	3
Más de 1.63 L/s hasta 3.51 L/s (Mas de 25.8 gpm hasta 55.6 gpm)	6	4
Poceta de servicio	2	1 ½
Poceta	2	1 ½
Orinal	4	d
Orinal, 1 galón por descarga o menos	2 ^a	d
Orinal, sin suministro de agua	½	d
Poceta de aseo (circular o múltiples) cada juego de grifos	2	1 ½
Inodoro, tanque fluxómetro, público o privado	4 ^a	d
Inodoro, privado (1.6 gpd)	3 ^a	d
Inodoro, privado (lavado mayor a 1.6 gpd)	4 ^a	d
Inodoro, publico (1.6 gpd)	4 ^a	d
Inodoro, publico (lavado mayor a 1.6 gpd)	6 ^a	d

a. Factores de conversión: 1 L=0.3 galón) gpd= galones por descarga)

b. Una regadera sobre una bañera o una bañera de hidromasaje no aumenta el valor unitario de desagüe del aparato

c. Véase los numerales 8.9.2 a 8.9.4.1 para métodos de cálculo del valor unitario de desagüe de aparatos no incluidos en esta tabla o para las velocidades de dispositivos con gastos intermitentes.

d. La dimensión del sifón debe ser consistente con la dimensión de la boca de salida del aparato

e. Con el propósito de calcular las cargas en las redes y desagüe de edificaciones, los inodoros y orinales no se deben medir en una unidad de desagüe de aparato más baja, a menos que valores más bajos sean confirmados por ensayos.

f. Para aparatos agregados a grupos sanitarios de unidades habitacionales, agregar el valor unidad de aparato de desagüe (UAD) de aquellos aparatos agregados al total del grupo de aparatos sanitarios.

g. Véase numeral 5.6.3 para requerimientos de tamaño para desagüe de aparato, desagüe de ramal y desagüe de las bajantes de una cañería vertical de un lavarropas automático.

h. Véase los numerales 8.9.4 y 8.9.4.1.

La estimación del caudal de diseño se determina a partir del caudal máximo probable obtenido mediante la (Figura 2- gráfica de Hunter) acorde con el tipo de uso de la edificación y con los caudales correspondientes a las unidades de fluxómetros, según lo establecido en el numeral 8.9.1 de la NTC-1500.

3.3 VELOCIDADES

La velocidad mínima recomendada y empleada en el diseño para garantizar que todos los materiales en suspensión sean arrastrados con el flujo es de 0.6 m/s y de acuerdo con la NTC 1500, la velocidad máxima será de 5.0 m/s. Para obtener la velocidad en la tubería es utilizada la fórmula de Manning.

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

Dónde:

n = Coeficiente de Manning (0.009 para tuberías de PVC).

V = Velocidad media en la tubería.

R = Radio hidráulico (D/4 para tuberías circulares).

S = Pendiente de la tubería.

3.4 CALCULO DE COLECTORES

El colector hace referencia a la tubería horizontal que recoge el caudal de las bajantes del edificio y transporta el caudal hacia la caja principal externa al edificio. Para el cálculo del diámetro de cada colector se hace uso de la ecuación de Manning teniendo en cuenta las siguientes equivalencias:

$$\begin{aligned} V &= Q \times A \\ R &= \frac{A}{P} \\ A &= \frac{\pi \phi^2}{4} \\ P &= 2r \end{aligned}$$

La pendiente de la tubería debe ser tal que garantice su capacidad para evacuar el caudal de diseño, con una velocidad comprendida entre 0.60 - 5 m/s y el q/Q debe ser máximo de 0.9 teniendo en cuenta las exigencias del Reglamento Básico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000.

En la Tabla 11 se muestra el cálculo de los colectores.

Tabla 11. Cálculo de colectores Red de Agua Residual.

TRAMO		CAUDAL							DIMENSIONES					CAPACIDAD A TUBO LLENO			Q/Qo	FUERZA TRACTIVA	CONDICIONES REALES						h	COTAS BATEAS		CHEQUEO Q/Qo Yn/Di Ft	COTAS TERRENO		PROFUNDIDAD DE LAS CAJAS				
		# Inodoro TK	# Ducha	# Lavamanos	# Orinal TK	# Sello de piso o poceta de servicio	# Lavaplatos	UNIDADES PROPIAS	UNIDADES ACUMULADAS	CAUDAL	LONGTUD	DIAMETRO	DIAMETRO INTERIOR	DIAMETRO NOMINAL EFECTIVO	PENDIENTE	ÁREA			CAUDAL	VELOCIDAD	VELOCIDAD REAL	Y	Y/Di	Teta		RADIO HIDRÁULICO REAL	FUERZA TRACTIVA REAL		(m)	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
DE	A	#	#	#	#	#																													
CI N°1	CI N°2	4	1	4				4	30	30	2.54	10.00	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.55	0.13	0.60	0.059	0.596	3.53	0.0274	0.14	0.05	21.85	21.80	OK	22.50	22.50	0.65	0.70
CI N°2	CI N°3							0	30	30	2.54	24.74	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.55	0.13	0.60	0.059	0.596	3.53	0.0274	0.14	0.12	21.79	21.67	OK	22.50	23.50	0.71	1.83
CI N°4	CI N°5	3	1	3				4	28	28	2.46	2.75	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.54	0.13	0.59	0.058	0.585	3.48	0.0271	0.14	0.01	22.85	22.84	OK	23.50	23.50	0.65	0.66
CI N°5	CI N°3							3	15	43	2.97	4.30	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.65	0.13	0.62	0.065	0.655	3.77	0.0286	0.14	0.02	22.83	22.80	OK	23.50	23.50	0.67	0.70
CI N°3	S.T.							0	73	73	3.74	1.20	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.81	0.13	0.64	0.076	0.764	4.25	0.0300	0.15	0.01	21.66	21.65	OK	23.50	23.50	1.84	1.85
S.T.	PZ 1							0	73	73	3.74	2.00	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.81	0.13	0.64	0.076	0.764	4.25	0.0300	0.15	0.01	21.65	21.64	OK	23.50	23.50	1.85	1.86
PZ 1	PZ 2							0	73	73	3.74	2.35	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.81	0.13	0.64	0.076	0.764	4.25	0.0300	0.15	0.01	21.65	21.64	OK	23.50	23.50	1.85	1.86
PZ 2	REBOSE							0	73	73	3.74	3.20	4	0.099	99	0.50	0.01	4.59	0.6	0.81	0.13	0.64	0.076	0.764	4.25	0.0300	0.15	0.02	21.65	21.63	OK	23.50	23.50	1.85	1.87

3.5 SISTEMA SÉPTICO INTEGRADO

3.5.1 GENERALIDADES

El sistema séptico integrado es un cilindro horizontal fabricado con polietileno (PE), polipropileno (PP), PVC-U o poliéster reforzado con fibra de vidrio, con divisiones internas que conforman un tanque séptico de dos (2) cámaras y un filtro anaeróbico de flujo ascendente (FAFA). Ver Figura 4.

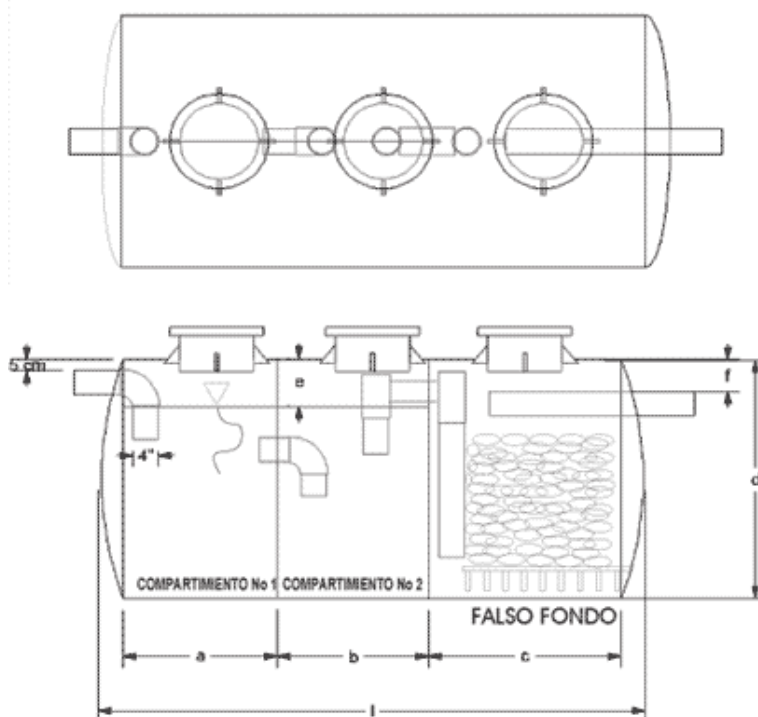


Figura 4. Esquema de un tanque séptico integrado.

3.5.2 DISEÑO DEL TANQUE SÉPTICO

Para el cálculo del volumen del tanque séptico se recomienda este criterio (Ecuación E.7.1 RAS 2000).

$$V_{util} = 1000 + N_c(CT + KL_f)$$

Donde:

N_c : Número de contribuyentes

C : Contribución de aguas residuales (L/día)

T : Período de retención hidráulico (día)

K : Tasa de acumulación de lodos digeridos (día)

L_f : Contribución de lodo fresco (L/día)

Tabla 12. Contribución de aguas residuales por persona.

Predio	Unidades	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco L_f (L / día)	
		C	L_f
Ocupantes permanentes			
Residencia			
Clase alta	persona	160	1
Clase media	persona	130	1
Clase baja	persona	100	1
Hotel (excepto lavandería y cocina)	persona	100	1
Alojamiento provisional	persona	80	1
Ocupantes temporales			
Fábrica en general	persona	70	0.30
Oficinas temporales	persona	50	0.20
Edificios públicos o comerciales	persona	50	0.20
Escuelas	persona	50	0.20
Bares	persona	6	0.10
Restaurantes	comida	25	0.01
Cines, teatros o locales de corta permanencia	local	2	0.02
Baños públicos	tasa sanitaria	480	4.0

Fuente: Tabla E.7.1 del RAS 2000

El número de contribuyentes para el diseño del tanque séptico se obtiene a partir del número de comidas que se esperan por día y de acuerdo al número de estudiantes que van a utilizar la batería sanitaria.

La contribución de aguas residuales se obtiene a partir de la tabla 6 de la NTC-1500 (4 L/día/comida) por dos comidas diarias y del título B del RAS (20 L/alumno/jornada), el aporte de lodo fresco se obtiene a partir de la Tabla E.7.1 del RAS 2000 (0.01 L/día). Teniendo así, una dotación de 28 litros/alumno/día.

Los tiempos de retención se calculan de acuerdo con la contribución diaria calculada y están expresados en unidades de tiempo (días, horas). Los valores de este parámetro se obtienen a partir de la Tabla E.7.2 del RAS 2000. En el caso en cuestión se obtienen 20 horas para una contribución diaria de **3452 L**.

Tabla 13. Tiempos de retención para diseño de tanques sépticos.

Contribución diaria (L)	Tiempo de retención (T)	
	días	horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
mas de 9,000	0.50	12

Fuente: Tabla E.7.2 del RAS 2000

Tabla 14. Valores de tasa de acumulación de lodos digeridos en tanques sépticos.

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

Fuente: Tabla E.7.3 del RAS 2000

Los valores de la tasa de acumulación de lodos digeridos (K) se calculan de acuerdo con los valores de la tabla E.7.3 de la Norma RAS 2000. El valor escogido para los cálculos es **de 57 L/persona** para limpieza anual y temperatura ambiente superior a 20°C.

A partir de esto se verifica el cumplimiento de volumen y las dimensiones del tanque

Tabla 15. Calculo de volumen.

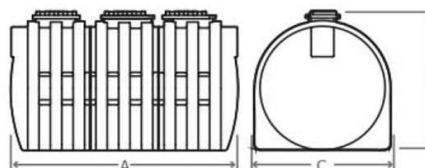
Coefficiente de retorno (C) =	0,9					
Periodo de limpieza (Pl) =	1 años					
Tasa de acumulación lodos (K)=	57 litros/persona.	Para dos años y para temperaturas superiores a 20o C (Tabla E.7.3 del RAS 2000)				
Porcentaje de lodos s/uso (L) =	0,2	Para escuelas (Tabla E.7.1 del RAS 2000)				
Concentración de DBO5 influente =	350 mg/L					
Remoción de DBO5 esperada =	40%					
NÚMERO DE PERSONAS N	DOTACIÓN l/hab/día q	CONTRIBUCIÓN DIARIA litros $Qd=qxCxN$	TIEMPO DE DETENCIÓN horas RAS (2000)	VOLUMEN NOMINAL litros $Vn=TdxqxNxN$	VOLUMEN DE LODOS Litros $VI=NxKxL$	VOLUMEN TOTAL m3 $Vt = VI + Vn$
137	28	3452,4	20	2.877,0	1.561,8	4,44

Tabla 16. Dimensiones del tanque séptico.

Alternativa 2: TANQUE CILINDRICO						
BORDE LIBRE m	ANGULO INTERNO (radianes)	DIÁMETRO (d) m	LARGO m L	VOLUMEN SUMINISTRADO m3	Longitud compartimiento 1 (a) m	Longitud compartimiento 2 (b) m
0,30	1,72	1,73	2,65	4,56	1,77	0,88

Las dimensiones internas del tanque séptico de sección cilíndrica son:

Largo (A) = 2.65 m
Diámetro (C) = 1.73 m
Borde Libre (e)= 0.30 m
Profundidad Total (B) = 1.83 m



Las anteriores dimensiones se ajustan a las que presentan internamente **los tranques sépticos tipo Rotoplast de 10,000 L.**

3.5.3 DISEÑO DE FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)

Con el fin de darle un tratamiento adicional a las aguas residuales domésticas que provienen de las baterías sanitarias que se incluyen en este informe, los tanques sépticos que se proponen vienen acoplados con el filtro anaerobio de flujo ascendente o FAFA. A continuación, se enuncian algunas generalidades de este tipo de filtro, su funcionamiento, ventajas y demás características.

El propósito de un postratamiento del agua residual doméstica es continuar mejorando la calidad del agua tratada en un tanque séptico, en donde esta fue sometida a un proceso de separación y retención de sólidos y que por la digestión anaerobia llevada a cabo en su tránsito por la zona de sedimentación, tuvo una remoción importante en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y mejora en otras características indicadoras de contaminación, pero no en la cantidad suficiente para ser vertida en el suelo o en un cuerpo de agua.

El tratamiento primario que se lleva a cabo en el tanque séptico es complementado en el FAFA con un proceso también microbiológico ausente de aire, es decir, anaeróbico. El agua en tránsito por este reactor es filtrada en un medio de grava o medio plástico, lo que permite mejorar su calidad a unas condiciones que permitan poder utilizarla para riego, infiltrarla en el suelo si las condiciones de permeabilidad de este lo permiten o finalmente verterlas en algunas fuentes de agua, previo estudio del cuerpo receptor.

En los sistemas prefabricados, en un cuerpo cilíndrico horizontal se integran los dos procesos anaeróbicos, tanque séptico y filtro ascendente.

El FAFA es un tanque impermeable que en la parte inferior tiene un fondo falso sobre el cual se coloca unas rosetas plásticas como medio filtrante, que se puede elevar hasta la altura de la batea de la tubería de salida la cual debe estar localizada a una distancia máxima de 20 cm (8") por debajo del techo del filtro.

La tubería efluente del tanque séptico entra al filtro y mediante una salida en la parte superior, desciende verticalmente hasta entrar al fondo falso. El agua descargada allí se distribuye uniformemente en el fondo falso, atraviesa las perforaciones de este y sube filtrándose a través del medio filtrante, creando un flujo ascendente a través del lecho para finalmente salir en dirección al punto de descarga final.

La metodología de diseño para el filtro anaerobio se describe a continuación:

1. Se establece la concentración de DBO_5 a la entrada del filtro expresada en mg/L.
2. Se calcula la contribución diaria, de acuerdo con el número de personas o contribuyentes y la dotación (C) dada para el tipo de instalación.

3. De acuerdo con la Tabla E.4.29 del RAS 2000 – Tiempos de retención hidráulica, se calcula por medio de la concentración de DBO_5 establecida los rangos de tiempo de retención hidráulica en el filtro anaerobio. Se expresa en t_{min} , t_{max} , t_{d1} y t_{d2} , donde el tiempo de diseño t_d es igual a $(t_{d1}+t_{d2})/2$, expresado en horas.

Tabla 17. Tiempos de retención hidráulica para filtros anaeróbicos.

Rango de la concentración orgánica del afluente al filtro anaerobio. (Expresada en DBO_{5TOTAL} en mg/L)	Rango del tiempo de retención hidráulica en el filtro anaerobio. Se expresa t_{min} , t_{max} , t_{d1} y t_{d2} . Donde el tiempo de diseño t_d es igual a $(t_{d1} + t_{d2})/2$. (horas)				Valores del coeficiente característico del sustrato en digestión, K, para un sustrato “típico” doméstico o municipal, correspondiente a los t expresados en la columna anterior			
	t_{min}	t_{d1}	t_{d2}	t_{max}	Para t_{min}	Para t_{d1}	Para t_{d2}	Para t_{max}
Mínima : 50 Co (media): 65 Máxima: 80	3.0	4.0	6.5	12	1.4	1.5	1.6	1.8
Mínima : 80 Co (media): 190 Máxima: 300	2.5	4.0	6.5	12	1.0	1.1	1.3	1.7
Mínima : 300 Co (media): 650 Máxima: 1000	2.5	4.0	6.5	12	1.4	1.6	1.8	2.1
Mínima : 1000 Co(media): 3000 Máxima: 5000	3.0	6.0	8.0	12	1.7	1.9	2.1	2.5

Fuente: Tabla E.4.29 del RAS 2000

4. Así mismo, con base en la misma Tabla E.4.29 del RAS 200, se escogen los valores del coeficiente característico del sustrato en digestión, K, para un sustrato “típico” doméstico o municipal, correspondiente a los t expresados en el punto 3 de esta metodología.

5. Una vez se ha establecido el tiempo de retención hidráulico se calcula el volumen del filtro anaerobio por medio de la siguiente expresión:

$$V_r = \theta_2 \cdot Q_d$$

En donde V_r es el volumen del filtro, θ_2 es el tiempo de retención hidráulico calculado en el paso 3 y Q_d corresponde al valor calculado de caudal, por medio de la contribución diaria y el número de personas.

6. Seguidamente se establece un volumen mínimo requerido por el tipo de filtro que podría estar oscilando en los 1000 L o 1 m³.

7. Con base en este volumen se vuelve a calcular el tiempo de retención hidráulico y se escoge el valor más desfavorable (el mayor).

8. Se procede con el cálculo de la eficiencia de la remoción de la DBO_5 del filtro propuesto, utilizando la siguiente expresión:

$$E = 100(1 - k/\theta^m)$$

Donde E es la eficiencia de la remoción, k es el coeficiente característico del sustrato en digestión (que se calculó en el punto 4 por medio de la Tabla E.4.29 del RAS 2000), θ es el tiempo de retención hidráulico y m se calcula por medio de la Tabla E.7.6 del RAS 2000, el cual depende de la configuración de la piedra o grava que constituirá el filtro, si es partida o redonda.

Tabla 18. Valores típicos del coeficiente m para filtros anaeróbicos.

Configuración	Valor de m
Piedra redonda 4 a 7 cm. Porosidad área específica Máx. 0.46 130m ² /m ³	0.665
Piedra partida 4 a 7 cm Porosidad área específica Max 0.66 98 m ² /m ³	0.660

Fuente: Tabla E.7.6 del RAS 2000

A continuación, se presentan los cálculos ejecutados del filtro anaeróbico de flujo ascendente.

Tabla 19. Cálculo de filtro anaerobio de flujo ascendente.

VOLUMEN DEL FILTRO CALCULADO Vr	VOLUMEN DEL FILTRO ASUMIDO L Vr	CALCULO DEL TIEMPO DE DETENCIÓN horas	COEFICIENTE DEL TIPO DE PIEDRA m	EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO E	EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE DBO TOTAL (TS+FAFA)
755,2125	1900	13,2	0,665	69,4%	81,7%

Alternativa 2: TANQUE CILINDRICO					
BORDE LIBRE m	ANGULO INTERNO (radianes)	DIÁMETRO m	LARGO (c) m	VOLUMEN SUMINISTRADO m ³	VERIFICACIÓN Volumen requerido vs suministrado
0,30	1,72	1,73	1,77	3,04	OK
VOLUMEN TOTAL = TS + FAFA =			7,60 m ³		cilíndrico
Se recomienda tanque cilíndrico de 10,000 L					

De esta manera se verifica la eficiencia de remoción de DBO mayor al 80% y el cumplimiento del volumen requerido con respecto al suministrado.

Las dimensiones internas del Filtro Anaerobio De Flujo Ascendente (FAFA) de sección cilíndrica son:

Largo (L) = 1.77 m
 Diámetro (D) = 1.73 m
 Borde Libre (e)= 0.30 m
 Profundidad útil (H) = 1.83 m

Las anteriores dimensiones concuerdan con las que presentan internamente los tranques sépticos tipo Rotoplast de 10,000 L.

3.5.4 POZO DE INFILTRACIÓN

Antes de adoptar los sistemas de infiltración en el terreno como postratamiento en un sistema séptico es importante determinar la permeabilidad del suelo mediante un ensayo de infiltración.

La permeabilidad del suelo es determinante en la escogencia del tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas y excreta humana como solución descentralizada en la zona rural. Es recomendable hacer una prueba de infiltración con el fin de clasificar el terreno y según los resultados de ésta determinar su grado de permeabilidad.

La solución definitiva deberá ser resuelta para cada uno de los casos en particular, ya que existen diferentes sistemas cuya recomendación depende de cada sitio. Algunas de las soluciones son: como campos de infiltración, pozos de infiltración o vertimiento directo a un cuerpo de agua.

De acuerdo con el estudio de suelos realizado, el sondeo más cercano a la localización propuesta del pozo de infiltración es el No. 1, en el cual se presenta el siguiente perfil estratigráfico.

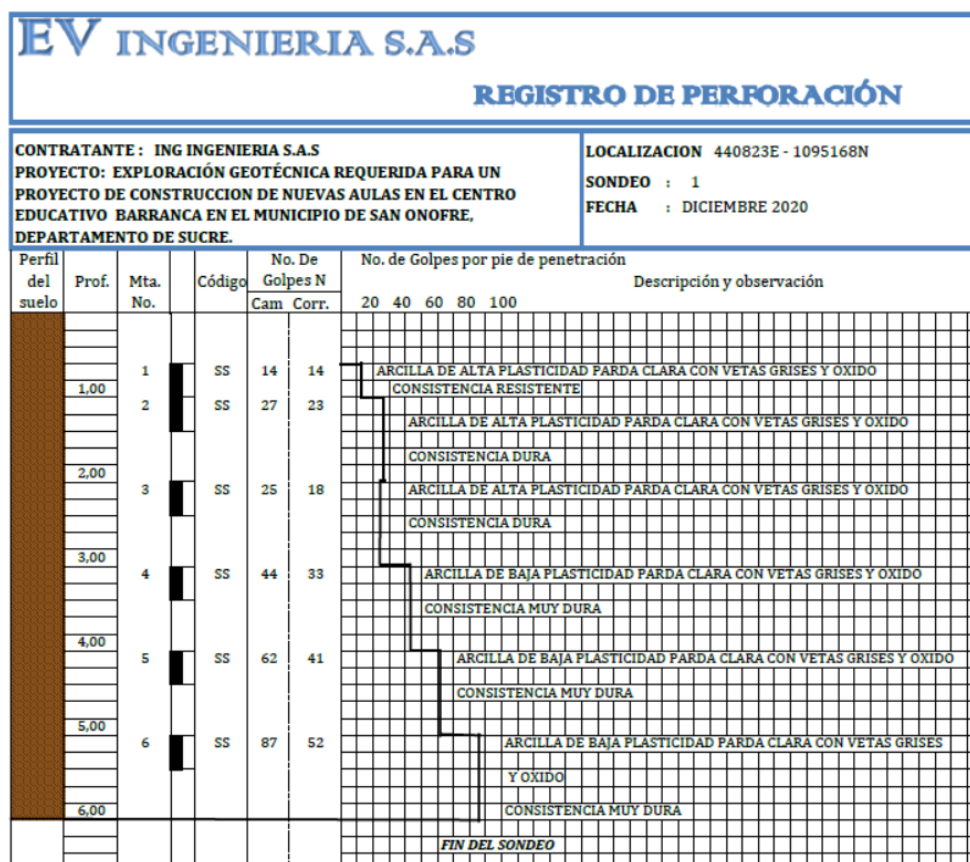


Figura 5. Perfil estratigráfico sondeo No. 1 Proyecto 36
Fuente: Estudio de suelos proyecto No. 36

De acuerdo con esto se tiene que hasta los 6 metros de profundidad se tiene presencia de Arcillas de Alta Plasticidad CH, con un índice plástico de 27 según resultados de la granulometría, por lo que el coeficiente de permeabilidad de acuerdo con la Tabla 20 oscila entre 1×10^{-8} y 1×10^{-6} .

Tabla 20. Permeabilidad estimada de los suelos.

Table 10D-5 Grouping of soils according to their estimated permeability. Group I soils are the most permeable and soils in groups III and IV are the least permeable soils.

Group	Percent fines	PI	Estimated range of permeability, cm/s	
			Low	High
I	< 20	< 5	3×10^{-3}	2
II	≥ 20	≤ 15	5×10^{-6}	5×10^{-4}
	< 20	≥ 5		
III	≥ 20	$16 \leq PI \leq 30$	5×10^{-8}	1×10^{-6}
IV	≥ 20	> 30	1×10^{-9}	1×10^{-7}

Realizando el ejercicio de cálculo del pozo de infiltración con un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-7} , podemos observar que la tasa de percolación da superior a 48 min/cm, por lo que el terreno se considera INAPROPIADO para la implementación de sistemas de infiltración al suelo.

Sin embargo, se proyecta la construcción de dos (2) pozos de absorción de 3 metros de diámetro y 5 metros de profundidad, ubicados en serie, de tal forma que el rebose del primero descargue en el segundo. Es necesario que se realice inspección diariamente al sistema para verificar la necesidad de realizar mantenimiento y vaciado de los pozos mediante camion vector.

Tabla 21. Calculo pozo de infiltración

Usuarios Tipo 1:		Colegio	Usuarios Tipo 2:	
No. de personas =		137	No. de personas =	0
Caudal unitario =		28 L/hab/día	Caudal unitario =	0 L/hab/día
Volumen diario (Usuarios 1 + 2) =		3452,4 L/día		
Diámetro =		3 m		
Perímetro filtrante =		9,42 m		
Factor de seguridad =		1,1		
Coefficiente de permeabilidad =		1,00E-07 cm/s	0,0864 L/m ² /día	Arcilla de Alta plasticidad (CH)
Tasa de percolacion=		1,67E+05 min/cm	SUELO NO RECOMENDADO	
Gradiente hidráulico =		1		
Área necesaria =		43954,17 m ²		
Área del fondo =		5,44 m ²		
Profundidad útil necesaria (1) =		4663,10 m	Incluyendo el área de fondo	
Profundidad útil necesaria (2) =		4663,68 m	Sin Incluir el área de fondo	
Profundidad útil suministrada =		5 m	SUMINISTRAR MAYOR PROFUNDIDAD	

NOTA: En ninguno de los sondeos realizados se detectó la presencia del nivel freático.

3.5.5 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SÉPTICO INTEGRADO.

Se deberá verificar que, al sistema de tratamiento de aguas residuales – STAR, solo estén llegando las aguas residuales generadas en las actividades domésticas del salón comedor, y no de otras unidades o bloques de la institución. Así mismo, se deberá verificar que no se estén disponiendo aguas lluvias en el sistema.

Se deberá evitar que los usuarios de los aparatos sanitarios arrojen en estos: ácidos, químicos, excedentes de fumigación, hidrocarburos y solventes como el thinner que eliminan las bacterias necesarias en el proceso de degradación. Las toallas sanitarias, el papel, los materiales no biodegradables y la tierra y arena colmatan el pozo séptico y obstruyen el filtro anaerobio.

En cuanto a su mantenimiento, se recomienda lo siguiente:

- Se debe realizar una inspección mensual del tanque séptico con el fin de identificar obstrucciones del sistema y realizar las reparaciones al sistema a que haya lugar.
- De acuerdo con la memoria de diseño del tanque séptico, este deberá ser limpiado anualmente. El desenlode se realizará siguiendo los pasos que a continuación se describen:
 - Antes de cualquier operación en el interior del tanque, la cubierta debe mantenerse abierta durante un tiempo suficiente (>15 min.) para la remoción de gases tóxicos o explosivos.
 - El personal que haga el mantenimiento debe disponer del equipo adecuado para garantizar que no haya contacto entre el lodo y las personas
 - Realizar la remoción de lodos acumulados en el tanque séptico. Cuando se extraen los lodos de un tanque séptico, éste no debe lavarse completamente ni desinfectarse. Se debe dejar en el tanque séptico una pequeña cantidad de lodo para asegurar que el proceso de digestión continúe con rapidez.

- La limpieza se efectuará bombeando el contenido del tanque a un camión cisterna. Los lodos retirados se podrán transportar hacia plantas de tratamiento de aguas residuales cercanas, para ser descargados en el lugar que indique su operador.
- En ningún caso los lodos removidos pueden arrojarse a cuerpos de agua

Se deberá verificar que la empresa contratada para realizar la limpieza y transporte y disposición de los lodos extraídos del sistema de tratamiento, cuente con los permisos y licencias pertinentes para ejercer dicha actividad, así mismo, la entidad o planta de tratamiento encargada de recibir los lodos, deberá contar con sus permisos y licencias emitidos por la autoridad competente.

En cuanto el pozo de infiltración se deber realizar inspección cada 6 meses con el fin de detectar fallas, desbordamientos, y cada año se deberá realizar limpieza de residuos sólidos acumulado en el fondo y paredes del mismo, o bien de forma inmediata en caso de detectar fallas, saturación, desbordamientos y/o que la infraestructura se encuentre en mal estado.

Cuando se observen fallas u obstrucción en la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales se deberá:

- Revisar las cajas de inspección y limpiarlas
- Buscar posibles obstrucciones en las entradas o salidas de los tanques sépticos.
- Hacer una descarga de prueba de los aparatos sanitarios y observar la evacuación de las aguas residuales a través de las cajas de inspección.
- Si el problema persiste, hacer sondeos entre las cajas de inspección con un cable número 0.

4 DESAGÜES DE AGUAS LLUVIAS

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

Teniendo en cuenta la configuración del proyecto, se proponen canales de recolección de aguas lluvias en las cubiertas de todos los bloques, y bajantes las cuales descargan en cajas de inspección o cunetas perimetrales existentes o proyectadas. La disposición final de las aguas lluvias se hará directamente en el terreno dado a que no se cuenta con alcantarillado pluvial ni combinado, procurando siempre que sea en el sitio más bajo de acuerdo con la topografía.

Para el cálculo del caudal de aguas lluvia se utiliza el método racional, el cual es aplicable para áreas menores a 7000 Ha, usando una intensidad obtenida de las curvas IDF CARMEN DE BOLÍVAR, el cual es el municipio más cercano que cuenta con curva IDF elaborada por el IDEAM. El coeficiente de escorrentía utilizado depende del tipo de superficie y se establece de acuerdo con la tabla D.4.5 del RAS 2000.

El procedimiento de cálculo de la red se realiza bajo la condición de flujo uniforme en el conducto y como tal el análisis se hace utilizando la fórmula de Manning. El diseño de los colectores se realiza de tal manera que se cumpla los criterios de relación de llenado ($y/D < 1.0$) y esfuerzo cortante mínimo para arrastre de sólidos (1.2 Kg/cm^2).

El diseño y dimensionamiento de las bajantes se determina mediante la expresión experimental de los investigadores Both Dawson y Hunter.

4.2 PARÁMETROS DE DISEÑO DE LA RED

El diseño se realizará como una conducción a flujo libre por gravedad. El procedimiento de cálculo se realiza bajo la condición de flujo uniforme en el conducto y como tal el análisis se hará utilizando la fórmula de Colebrook - White y la ecuación de Chezy, presentada a continuación.

$$V = -2\sqrt{8gRS} \cdot \text{Log}_{10} \left(\frac{k_s}{14.8R} + \frac{2.51\nu}{4R\sqrt{8gRS}} \right)$$

Dónde:

- V: Velocidad media (m/s)
- g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)
- R: Radio hidráulico (m)
- S: Pendiente de la tubería (m/m)
- Ks: Rugosidad de la tubería (m)
- ν : Viscosidad cinemática (Nm^2/s)

El flujo libre y uniforme en los colectores deberá ser estable, para lo cual el Número de Froude será menor de 0,90 o mayor de 1,10.

$$F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$$

Dónde:

- F: Número de Froude, adimensional
V: Velocidad media del flujo en m/s
g: Aceleración de la gravedad = 9,8 m/s²
D: Profundidad hidráulica, igual al área del agua, medida normalmente a la dirección del flujo, dividida por el ancho de la superficie libre tomada en metros.

Las pendientes de los conductos se han seleccionado de tal manera que se ajuste a la topografía del terreno y a las características del proyecto.

Considerando que, si las aguas lluvias fluyen a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de los colectores, se debe diseñar el colector de tal manera que se tenga una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para lograr esto, se establece la velocidad mínima como criterio de diseño en el proyecto de 0,5 m/s.

Para las condiciones iniciales de operación de cada tramo, se verificará el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Por lo tanto, debe establecerse que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1,2 N/m². El esfuerzo cortante medio está dado por

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

En donde γ es el peso específico del agua, R es radio hidráulico y S pendiente del colector. En aquellos casos en los cuales, por las condiciones topográficas presentes, no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que el esfuerzo cortante sea mayor que 1,2 N/m² (0,12 Kg/m²). Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Los valores adoptados están plenamente justificados en términos de características de los materiales, de las características abrasivas de las aguas, de la turbulencia del flujo y de los empotramientos de los colectores. En general, se recomienda que la velocidad máxima real no sobrepase 10 m/s.

El dimensionamiento de la sección se hará con base en la ecuación de Colebrook-White y la ecuación de Manning, utilizando los valores del caudal requerido y la rugosidad y pendiente escogidas, pero teniendo en cuenta las especificaciones siguientes, dadas en función del tipo de agua por transportar.

4.3 DEMANDAS DE CAUDAL Y DISEÑO DE BAJANTES

De acuerdo con la NTC 1500, para desagües de cubiertas se debe tomar una intensidad obtenida de una curva de intensidad-duración-frecuencia propia de la zona, para un periodo de retorno mínimo de 15 años y una duración de 30 minutos. Adicionalmente, el diseño y dimensionamiento del sistema de tuberías que conducirá las aguas lluvias desde la cubierta de la edificación hasta el nivel de la placa

de piso se determina mediante la expresión experimental de los investigadores Both Dawson y Hunter quienes evaluaron la capacidad máxima para bajantes y obtuvieron:

$$Q = 1.754 r^{5/3} \phi^{8/3}$$

Dónde:

Q = Capacidad máxima expresada en L/s

Ø = Diámetro de la bajante, en pulgadas

r = Relación entre el área del anillo de agua y la sección de la tubería.

Para el flujo de las bajantes, el agua está ocupando aproximadamente $1/3$ del área total transversal, dejando el resto para el cilindro de aire que se forma en el centro de la tubería. El pendientado para las placas planas de la cubierta en concreto a nivel de cubierta deberá ser por lo menos del 1%.

El caudal de aguas lluvias que se deberá manejar y evacuar en el proyecto se puede estimar por medio del uso del método racional, el cual calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía y que es aplicable en áreas menores de 700 Ha.

La ecuación del método racional es

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

Dónde:

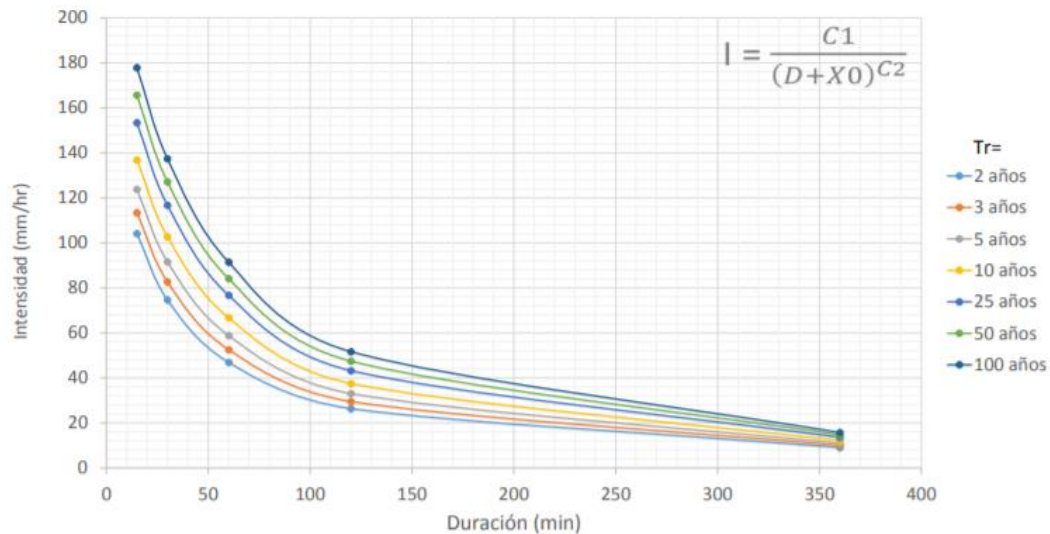
Q = Caudal superficial (m^3/s).

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la precipitación (mm/h).

A = Área de la cuenca (km^2).

La intensidad de la precipitación se obtiene a partir de las curvas IDF de la estación Carmen de Bolívar, ya que es la curva IDF más cercana a la zona de estudio, disponible en la base de datos del IDEAM. Las cuales se muestran a continuación.



TR (años)	C1	X0	C2
2	6798.308	27.895	1.112
3	9998.576	32.735	1.159
5	14882.323	37.828	1.207
10	23468.705	43.764	1.263
25	39184.485	50.544	1.325
50	55085.160	55.091	1.366
100	75025.218	59.234	1.403

D (min)	I _{TR=2}	I _{TR=3}	I _{TR=5}	I _{TR=10}	I _{TR=25}	I _{TR=50}	I _{TR=100}
15	104.0	113.2	123.4	136.3	152.5	164.6	176.6
30	75.1	83.4	92.5	104.1	118.6	129.4	140.2
60	46.3	51.9	58.1	65.9	75.8	83.1	90.3
120	26.4	29.3	32.7	36.8	42.1	46.0	49.8
360	9.2	10.3	11.5	13.1	15.0	16.4	17.8

Figura 6. Curva IDF ESTACIÓN CARMEN DE BOLIVAR.

Teniendo en cuenta estos datos, y las exigencias dadas en la NTC-1500, se debe adoptar como criterios de diseño 15 minutos de duración de aguacero y 50 años como periodo de retorno, dando así, una intensidad de 164.6 mm/hora.

El coeficiente de escorrentía es característico de las cubiertas está determinado por la Tabla 22. Para este caso se posee en el área una zona dura característica de cubiertas para lo cual se toma un $C=0.85$.

TABLA D.4.5
Coefficiente de escorrentía o impermeabilidad

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

Tabla 22. Coeficiente de escorrentía. Fuente, MAVDT (2010).

En la Tabla 23, se muestra el cálculo de las bajantes de aguas lluvias del proyecto.

Tabla 23. Calculo de bajantes de aguas lluvias

No.	DESCRIPCIÓN	ÁREA CUBIERTA (Cálculo de Bajantes) m2	C	CAUDAL (Cálculo de Bajantes) $Q = C \times I \times A$ l/s	DIMENSIONA- MIENTO DE BAJANTES (De acuerdo con Tabla 24 de NTC 1500) (pulgadas)	CAPACIDAD DE LA BAJANTE SUMINISTRADA $Q=1,754 \text{ r}^{5/3} \text{ d}^{8/3}$ l/s
BALL N1	Batería de baños	18,70	0,85	0,73	4	9,07
BALL N2	Batería de baños	18,70	0,85	0,73	4	9,07
BALL N3	Batería de baños	7,72	0,85	0,30	4	9,07
BALL N4	Bloque Cocina - Comedor	120,85	0,85	4,70	4	9,07
BALL N5	Bloque Cocina - Comedor	120,85	0,85	4,70	4	9,07

Así mismo, en la Tabla 24 se presenta el cálculo de los canales en las cubiertas, y en la Tabla 25 se presenta el cálculo de los colectores desde las bajantes hasta su descarga.

Tabla 24. Cálculo canales en cubierta.

n= 0,013
Borde libre = 0,05

CANAL	ÁREAS Ha	C	CAUDAL PROPIO l/s	CAUDAL TOTAL (Qt) l/s	DIMENSIONES DE LA VIGA CANAL O CANAL DE CUBIERTA							CAPACIDAD TOTAL l/s	CAPACIDAD ÚTIL (Qu) l/s	VELOCIDAD m/s	CHEQUEO Qt vs Qu
					PENDIENTE DISEÑO %	PENDIENTE MÍNIMA %	LONGITUD m	DESNIVEL m	BASE m	ALTURA m	SECCIÓN <div></div>				
1	0,004	0,80	0,49	0,49	0,50	0,30	8,15	0,04	0,2	0,20	X	31,00	21,67	0,54	OK
2	0,001	0,80	0,10	0,10	0,50	0,30	17,15	0,09	0,2	0,20	X	31,00	21,67	0,54	OK
3	0,024	0,80	3,18	3,18	0,50	0,30	25,15	0,13	0,25	0,20	X	42,63	29,50	0,59	OK

Tabla 25. Cálculo de colectores de aguas lluvias.

TRAMO				DIMENSIONES					CAPACIDAD A TUBO LLENO			Q/Qo	FUERZA TRACTIVA TUBO LLENO	CONDICIONES REALES					FUERZA TRACTIVA REAL	h (m)	COTAS FONDO		CHEQUEO q/Qo Yn/Di Ft
		CAUDAL PROPIO	CAUDAL ACUM	LONGITUD	DIAMETRO	DIAMETRO INTERIOR	DIAMETRO NOMINAL EFECTIVO	PENDIENTE	ÁREA	CAUDAL	VELOCIDAD AD			VELOCIDAD REAL	Y	Y/Di	Teta	RADIO HIDRAULICO REAL			INICIAL	FINAL	
DE	A	(l/s)	(l/s)	(m)	(pulg)	(m)	(mm)	(%)	(m2)	(l/s)	(m/s)		(kg/m2)	(m/s)		(rad)	(m)	(kg/m2)					
BALL N°1	DISPOSICIÓN	0,73	0,73	0,83	4	0,099	99	1,5	0,01	8,01	1,04	0,091	0,37	0,69	0,023	0,228	1,99	0,0134	0,20	0,01	-0,30	-0,31	OK
BALL N°1	DISPOSICIÓN	0,73	0,73	2,69	4	0,099	99	1,5	0,01	8,01	1,04	0,091	0,37	0,69	0,023	0,228	1,99	0,0134	0,20	0,04	-0,30	-0,34	OK
BALL N°1	DISPOSICIÓN	0,30	0,73	2,62	4	0,099	99	1,5	0,01	8,01	1,04	0,091	0,37	0,69	0,023	0,228	1,99	0,0134	0,20	0,04	-0,30	-0,34	OK
BALL N°1	DISPOSICIÓN	3,13	0,73	1,26	4	0,099	99	1,5	0,01	8,01	1,04	0,091	0,37	0,69	0,023	0,228	1,99	0,0134	0,20	0,02	-0,30	-0,32	OK
BALL N°1	DISPOSICIÓN	3,13	0,73	1,26	4	0,099	99	1,5	0,01	8,01	1,04	0,091	0,37	0,69	0,023	0,228	1,99	0,0134	0,20	0,02	-0,30	-0,32	OK
BALL N°1	DISPOSICIÓN	3,13	0,73	1,26	4	0,099	99	1,5	0,01	8,01	1,04	0,091	0,37	0,69	0,023	0,228	1,99	0,0134	0,20	0,02	-0,30	-0,32	OK

4.4 REUTILIZACION DE AGUAS LLUVIAS

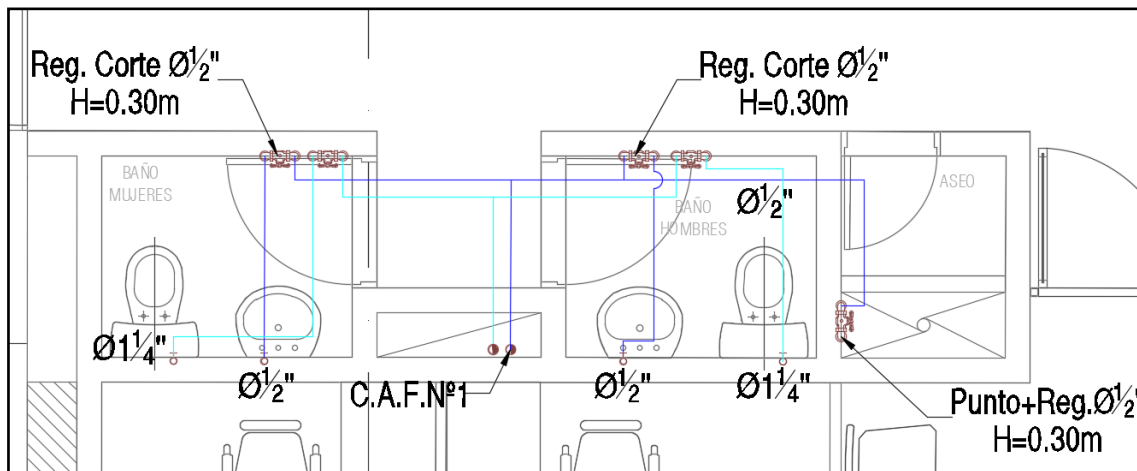
Con respecto a la reutilización de aguas lluvias, se considera que; de acuerdo con el alcance y envergadura del presente proyecto, no es viable ni técnica ni económicamente, la implementación de sistemas para la captación, almacenamiento, y reutilización de las aguas lluvias.

En primer lugar, con el fin de evitar la contaminación de las tuberías y aparatos sanitarios con contacto primario, el sistema de aguas lluvias debe ser un sistema totalmente independiente del sistema de suministro de agua potable en un edificio. Es por ello, que la instalación del sistema de reutilización de aguas lluvias para el abastecimiento implica la instalación de todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable (acometida, tanque de almacenamiento, sistema de remoción de sólidos y arenas, equipo de bombeo, red de alimentación a cada aparato, registro de corte en cada batería de baño, entre otros). Por otra parte, la institución educativa no cuenta con grandes espacios de zonas verdes que requieran de mantenimiento constante y/o sistemas de riego.

- **Doble red de suministro**

En este sentido se requeriría instalar una red paralela a la red de agua potable para abastecer sanitarios, orinales y pocetas de aseo. El suministro de agua potable y agua lluvia tratada implica colocar doble registro de corte en la entrada a cada batería de baños, los cuales elevan notablemente el costo de la red.

Siguiendo el recorrido mostrado en la siguiente imagen (ejemplo), se puede observar un tendido adicional de tubería de suministro junto con accesorios.



- **Tanque de almacenamiento de aguas lluvias**

Se debe instalar un tanque adicional para almacenamiento de agua lluvia recolectada por las cubiertas. Se debe tener presente que el volumen de almacenamiento de aguas lluvias no disminuye el volumen del tanque de agua potable. Por normatividad, este último debe almacenar la totalidad de volumen requerido en un día.

El tanque de almacenamiento de agua lluvia debe tener una acometida de llenado de agua potable en caso de que se presenten épocas de poca lluvia en la ciudad.

- **Equipos de bombeo**

El sistema de alimentación con aguas lluvias requiere de un sistema de bombeo adicional, por tanto, se debe tener presente un cuarto o caseta adicional para disposición de las bombas y del sistema de tratamiento.

Dicho equipo debe estar dimensionado para suministrar la presión que exige el aparato sanitario más alejado del cuarto de bombas donde se disponen los equipos y debe estar acompañado por un tanque hidroneumático, o, se deberán disponer tanques elevados adicionales para realizar el llenado de estos mediante bombeo desde el tanque enterrado, y desde estos hacer el suministro por gravedad hacia los sanitarios, orinales y pocetas de aseo.

Además del costo adicional de los equipos de bombeo, se debe tener en cuenta que se consume más energía con dos equipos que con un solo equipo de bombeo.

- **Tratamiento de aguas lluvias**

Se requiere implementar sistema de tratamiento de las aguas lluvias recolectadas en el proyecto, el cual consta de mínimo lo siguiente:

- Filtros para bajantes.
- Oxigenador.
- Succión de tipo flotante WISY Ø2".
- Filtro de medios Ø35" con válvula multipuerto.
- Filtro de cartucho de 200Micras.
- Dosificador de cloro.
- Válvula solenoide Ø2".
- Tablero de control y automatización

- **Afectaciones en aparatos sanitarios**

Independientemente del tratamiento realizado, por experiencia se ha visto que los aparatos sanitarios presentan un deterioro más rápido, debiendo ser reemplazados o requiriendo de un sistema de limpieza más estricto.

Se estima que se debe realizar un cambio de aparatos sanitarios aproximadamente cada 10 años por efectos de la calidad del agua.

- **Costo de operación del equipo de bombeo**

Teniendo en cuenta que se debe instalar un sistema adicional de bombeo para el agua lluvia tratada, se tienen en cuenta los costos adicionales de energía y mantenimiento que requiere dicho sistema, junto con el costo adicional de la bomba eyectora instalada en el cuarto de bombas de agua lluvia.

- **Resumen comparación de alternativas**

Por lo anterior, se concluye que implementar sistema de reutilización de aguas lluvias, no es viable ni recomendable para el proyecto, dado que aparte de que representa mayores costos de inversión inicial, se requiere de mayores costos de operación y mantenimiento de equipos.

A nivel general, los sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias se recomiendan en proyectos de mayor envergadura, que justifiquen, tanto la inversión inicial como los costos de operación y mantenimiento, o donde se tenga grandes necesidades de riego y/o se tienen temporadas de lluvias prolongadas y constantes.

Así mismo, de acuerdo con lo establecido en el Numeral 2 del Artículo Segundo de la Resolución 0549 de 2015, la Institución Educativa cuenta con menos de 1500 alumnos, específicamente la Institución presta el servicio escolar en jornada única para la atención de estudiantes de los grados de preescolar y primaria, con una matrícula por registro SIMAT, de 137 estudiantes. De igual forma cabe mencionar que; el diseño arquitectónico del proyecto incorpora medidas pasivas sobre todo en el tema de orientación y ubicación de aperturas para el aprovechamiento de la luz solar y ventilación tal como se puede observar en el capítulo “12. BIOCLIMATICO” del entregable a interventoría.

5 SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

5.1 NORMAS DE REFERENCIA Y CONSIDERACIONES GENERALES

Para la elaboración del presente diseño se aplicará la normatividad de seguridad Internacional aplicables al proyecto, las cuales son base de la normatividad nacional vigente, entre las que se destacan:

Reglamento colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)

- NSR-10: Código nacional de Construcciones Sismo Resistentes, Título J. Protección contra incendios en edificaciones.
- NSR-10: Código nacional de Construcciones Sismo Resistentes, Título K – Requisitos Complementarios.

Norma Técnica Colombiana NTC 2885

Según el decreto 2269 de 1993, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones ICONTEC, es el organismo nacional de normalización. El ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es fundamentalmente brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya el sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo¹.

La norma NTC 2885 corresponde al código para la selección, instalación, inspección, mantenimiento y ensayo de quipo portátil para extinción de incendio.

Normas y Códigos desarrollados por la National Fire Protection Agency (NFPA):

La National Fire Protection Agency es una organización establecida en 1896, y en la actualidad corresponde a la autoridad internacional más reconocida para la seguridad contra incendios, resultado de lo cual ha publicado más de 300 códigos y normas producto de la experiencia, investigación y entrenamiento². A continuación, se presentan algunos aspectos importantes considerados para el estudio en algunos códigos de interés particular que sirvieron de consulta para el desarrollo del diseño.

- NFPA-1: Fire Code

Esta norma define los requerimientos mínimos necesarios para establecer un nivel razonable de seguridad ante eventos de incendios y una apropiada protección ante los peligros que presenta el fuego y las explosiones. Así mismo se exponen elementos generales sobre medios de evacuación, elementos de protección, controles para edificaciones y diferentes conceptos que permiten una visión global de la misión de la NFPA

- NFPA-14: Standard for the installation of Standpipe and Hose systems

Este código establece los requerimientos mínimos para la instalación de columnas ascendentes, hidrantes y mangueras incluyendo métodos y procedimientos de prueba de flujo de agua para la evaluación del suministro. Además, se presentan los elementos de mayor importancia relacionados con sistemas de tuberías, uniones, válvulas, gabinetes, conexiones para mangueras y conexiones

¹ Tomado de Norma Técnica Colombiana NTC 1669.

² Adaptado de www.nfpa.org

para el departamento de bomberos. Igualmente se establecen los requisitos para operación del sistema, criterios de diseño, cálculo hidráulico y suministro de agua.

- NFPA-20: Standard for the installation of Stationary Pumps Protection

Esta norma está dirigida a la selección e instalación de los equipos de bombeo para protección contra incendio, y todo lo relacionado con éstos. Requerimientos de succión, descarga y equipos auxiliares, equipos de suministro de energía, motores, controles eléctricos, controladores de turbinas, pruebas de aceptación y operación, entre otros. En el capítulo 3 y 5 de esta norma, se presentan diversas definiciones técnicas y métodos de conexión, adicionalmente se especifican los requerimientos de los motores eléctricos para los equipos de bombeo principal, controladores y accesorios para los equipos eléctricos.

- NFPA-25: Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems

Este código establece los requisitos de los sistemas de rociadores y los sistemas relacionados a estos, como lo son los equipos de bombeo, tuberías subterráneas, tanques de almacenamiento, sistemas de rociadores combinados (agua-espuma) y sistemas de pulverización de agua, describiendo entre otras cosas las acciones correctivas a realizar después de la revisión de los diversos componentes de la red contra incendio, desde el equipo de bombeo principal, válvulas, rociadores, manguera, boquillas entre otros.

Norma Técnica Colombiana NTC 1669

Según el decreto 2269 de 1993, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones ICONTEC, es el organismo nacional de normalización. El ICONTEC es una entidad de carácter privado, sin ánimo de lucro, cuya misión es fundamentalmente brindar soporte y desarrollo al productor y protección al consumidor. Colabora con el sector gubernamental y apoya el sector privado del país, para lograr ventajas competitivas en los mercados interno y externo³.

La norma NTC 1669 corresponde al código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificaciones. Su objetivo es establecer las condiciones mínimas que se requieren para el suministro y distribución de agua utilizada como agente extintor en la protección contra incendios en edificaciones. En este sentido, la NTC 1669 también conforma una normatividad importante que aporta criterios y parámetros de diseño para el desarrollo de ingeniería de PUMA por lo cual se utiliza como guía para la elaboración de los trabajos que hacen parte del objeto a desarrollar.

Requerimiento de hidrantes

De acuerdo con las áreas de construcción en el nivel de acceso y el tipo de edificación a proteger, el numeral J.2.4.4 estipula la cantidad mínima de hidrantes por unidad de área construida en el nivel de acceso y su caudal. Se deberá contemplar entonces la disponibilidad de un hidrante en la parte exterior del proyecto, de fácil acceso para los bomberos y situado a no más de 100 m. Teniendo en cuenta que el proyecto no cuenta con hidrante cercano, se debe contemplar la posibilidad de instalar uno por parte del municipio, ya que el sistema solo se dimensiona para una duración de incendio de 30 minutos.

Requerimiento de red contra incendio

³ Tomado de Norma Técnica Colombiana NTC 1669.

De acuerdo con lo estipulado en el numeral J.2.4.8, las redes contra incendios, en todas las edificaciones que lo requieran, podrán utilizarse solamente los materiales listados para servicio contra incendio en el Capítulo 2, Componentes y Accesorios del Sistema, bajo el numeral sobre Tubería y Accesorios, de la norma técnica NFPA 13. Su uso queda condicionado a las limitaciones relacionadas con tipo de riesgo y tipo de protección requerida, además de todos los requisitos particulares de instalación.

5.2 DEFINICIÓN DEL TIPO DE RIESGO Y CONDICIONES GENERALES DEL SISTEMA

De acuerdo con los requerimientos de los títulos J y K referentes a los requisitos de protección contra incendio en edificaciones. A continuación, se presentan las directrices para los diferentes tipos de edificación correspondientes al proyecto.

Grupos y subgrupos de ocupación

Tabla 26. Grupos y subgrupos de ocupación.

Grupos y Subgrupos de ocupación	Clasificación	Sección
A	ALMACENAMIENTO	K.2.2
A-1	Riesgo moderado	
A-2	Riesgo bajo	
C	COMERCIAL	K.2.3
C-1	Servicios	
C-2	Bienes	
E	ESPECIALES	K.2.4
F	FABRIL E INDUSTRIAL	K.2.5
F-1	Riesgo moderado	
F-2	Riesgo bajo	
I	INSTITUCIONAL	K.2.6
I-1	Reclusión	
I-2	Salud o incapacidad	
I-3	Educación	
I-4	Seguridad pública	
I-5	Servicio público	
L	LUGARES DE REUNIÓN	K.2.7
L-1	Deportivos	
L-2	Culturales y teatros	
L-3	Sociales y recreativos	
L-4	Religiosos	
L-5	De transporte	
M	MIXTO Y OTROS	K.2.8
P	ALTA PELIGROSIDAD	K.2.9
R	RESIDENCIAL	K.2.10
R-1	Unifamiliar y bifamiliar	
R-2	Multifamiliar	
R-3	Hoteles	
T	TEMPORAL	K.2.11

Fuente: NSR (2010)

El proyecto es clasificado como Subgrupo de ocupación Institucional de educación (I-3), como lo indica el numeral K.2.6.4 de la NSR10.

K.2.6.4 — SUBGRUPO DE OCUPACIÓN INSTITUCIONAL DE EDUCACIÓN (I-3) — En el Subgrupo de Ocupación Institucional de Educación (I-3) se clasifican las edificaciones o espacios empleados para la reunión de personas con propósitos educativos y de instrucción. En la Tabla K.2.6-3 se presenta una lista indicativa de edificaciones que deben clasificarse en el Subgrupo de Ocupación (I-3).

Tabla K.2.6-3
Subgrupo de ocupación institucional de educación (I-3)

Universidades
Colegios
Escuelas
Centros de educación
Academias
Jardines infantiles
Otras instituciones docentes

5.3 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

De acuerdo con los lineamientos estipulados en el numeral J.4.3.4 Grupo de Ocupación I (Institucional), se tienen las siguientes exigencias para rociadores automáticos y tomas fijas para bomberos, respectivamente.

Rociadores Automáticos.

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación I (institucional) debe estar protegida por un sistema aprobado y eléctricamente supervisado, de rociadores automáticos de acuerdo con la última versión del código para suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios, NTC2301 y como referencia de la norma para Instalación de Sistemas de Rociadores, NFPA13, así:

- a) En la totalidad de edificios con confinamiento o restricción de movimiento, clasificados en el subgrupo de ocupación de reclusión (I-1).
- b) En la totalidad de edificios, clasificados en el subgrupo de ocupación de salud o incapacidad (I-2).
- c) En la totalidad de edificios con área total de construcción de 2000 m² o mayor, clasificados en el subgrupo de ocupación de educación (I-3).
- d) En la totalidad de edificios con más de cuatro pisos o más de 12 m de altura clasificados en el subgrupo de ocupación (I-3).
- e) En la totalidad de edificios con uno o más pisos bajo el nivel del suelo, clasificados en el subgrupo de ocupación de educación (I-3).
- f) En edificios clasificados en los subgrupos de ocupación de seguridad y servicio públicos (I-4 e I-5), de acuerdo con su uso; por ejemplo, edificios para oficinas se protegerán con las condiciones listadas para el grupo de ocupación comercial de servicios (C-1) y las áreas para asambleas con las condiciones del grupo de ocupación de lugares de reunión (L), etc.
- g) En la totalidad de edificios de gran altura, clasificados en el subgrupo de ocupación institucional (I).

Teniendo en cuenta esto, el proyecto no requiere de la implementación de rociadores automáticos.

Tomas fijas de agua para bomberos.

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación I (Institucional) debe estar protegida por un sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios diseñados de acuerdo con la última versión del Código para suministro y distribución de agua para extinción de incendio en edificaciones NTC 1669, y como referencia el código para instalación de Sistemas de Tuberías Verticales y Mangueras, NFPA 14, así:

- a) En edificios de más de tres pisos o más de 9m de altura sobre el nivel de la calle.
- b) En edificios con un piso bajo nivel de la calle.
- c) En edificios donde, en uno de sus pisos, la distancia a cualquier punto desde el acceso más cercano para el Cuerpo de Bomberos es mayor a 30m.
- d) Cuando el edificio esté protegido con un sistema de rociadores, las tomas fijas para bomberos se diseñarán teniendo en cuenta lo recomendado por la última versión del Código de suministro y distribución de agua para extinción de incendios en edificios, NTC 2301 y como referencia la Norma para Instalación de Sistemas de Rociadores, NFPA 13.

Según lo estipulado en J.4.3.4.2 (c) de la NRS10, se deben implementar tomas fijas para bomberos y mangueras.

Siguiendo lo estipulado en el numeral 5.4.2.1, de la NFPA 14 – 2019, “En un edificio que no sea de gran altura, debe permitirse que la parte de clase I de un sistema clase III sea manual. La parte clase II de un sistema clase III debe ser automática”. De igual manera, según lo indicado en el anexo A.5.4.2.1. “Puede usarse un sistema de montantes húmedo manual para satisfacer la demanda de un sistema de Clase III, siempre y cuando el suministro de agua pueda proveer 100GPM a 65 PSI (379 L/min a 4.5 bar) a la conexión para manguera de 1½” (40mm) más remota. El cuerpo de bomberos puede proveer el resto de la demanda a través de la conexión del cuerpo de bomberos”. Se debe garantizar la existencia del hidrante propuesto en la entrada principal del proyecto.

5.4 TOMAS FIJAS PARA BOMBEROS

La toma fija para bomberos debe ser de 64 mm (2½”) de diámetro y debe estar acompañada de conexiones de mangueras de 38 mm (1½”) de diámetro para extinción de incendios. Estos sistemas, son denominados en la norma NFPA 14 numeral 5.3.3 Sistemas Clase III (Class III Systems) y según la recomendación de esta norma, deben ser de tubería húmeda y automáticos.

Partiendo de los lineamientos de la sección 7 de la NFPA 14, la máxima presión admisible en cualquier punto del sistema es de 350 psi (246 mca). Además, donde la presión estática de una toma fija para bomberos exceda 175 psi (123 mca), se deberá instalar una válvula reguladora de presión listada y aprobada, las conexiones para bomberos deberán estar situadas entre 0.9 m y 1.5 m del suelo, medidos hasta el centro de la conexión.






Teniendo en cuenta las exigencias de la norma, para el proyecto en ejecución se propone la instalación de las tomas fijas de 2-1/2” con la reducción a 1-1/2” en un gabinete con un extintor, tal como se muestra en la siguiente imagen. La primera es operada por el cuerpo de bomberos y la de 1-1/2” es operada por personal entrenado.



Figura 7. Tomas fijas para bomberos propuestas.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la tubería propuesta, teniendo en cuenta la situación más crítica (apertura de las dos tomas de bomberos más lejanos); sin embargo, como el sistema es manual, la presión debe ser garantizada por el cuerpo de bomberos del municipio.

Tabla 27. Calculo Red Contra Incendio.

Punto o Tramo		Regadera C	Gabinete C	C (Hazen)	Caudal máximo probable (Gabinetes)	Caudal máximo probable usado para diseño	Presión	Velocidad	V ² /2g	m Flamant Ø < 2"	m Hazen Ø >= 2"	φ	Longitud de tubería										Pérdida	
													Horizontal	Vertical						Otros	Accesorios	Total		
DE	A	#	#		(lps)	(lps)	(m)	(m/s)	(m)	(m/m)	(m/m)	(pul)	(m)	(m)	#	#	#	#	#	#	(m)	(m)	(m)	(m)
G1							70,42																	
G1	G2		1	120,00	15,77	15,77	72,07	1,95	0,19	0,051	0,047	4	14,31	1,50	3		1		1		0,00	14,91	30,72	1,64
G2	G3		1	120,00	15,77	31,54	76,62	3,89	0,77	0,173	0,170	4	13,46	0,00			1	1			0,00	8,77	22,23	4,56
G3	ING		1	120,00		31,54	88,29	3,89	0,77	0,173	0,170	4	52,03	0,00	1		1	1			0,00	11,98	64,01	11,67
TOTAL		0	3				88,29																17,9	

5.5 EXTINTORES PORTÁTILES DE FUEGO

La edificación debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma de extintores de fuego portátiles NTC 2885 y como referencia la Norma de Extintores Portátiles, NFPA 10.

Teniendo en cuenta las exigencias de la NFPA10 para un riesgo Clase A, que es el que aplica en este caso, se establecen localizaciones de extintores con una distancia máxima de recorrido de 75 pies (22.86m), según lo indica la *Tabla 6.2.1.1*, de la NFPA10.

Tabla 28. Tamaño y localización de extintores de incendio para riesgos de Clase A.

Table 6.2.1.1 Fire Extinguisher Size and Placement for Class A Hazards			
Criteria	Light (Low) Hazard Occupancy	Ordinary (Moderate) Hazard Occupancy	Extra (High) Hazard Occupancy
Minimum rated single extinguisher	2-A	2-A	4-A
Maximum floor area per unit of A	3000 ft ²	1500 ft ²	1000 ft ²
Maximum floor area for extinguisher	11,250 ft ²	11,250 ft ²	11,250 ft ²
Maximum travel distance to extinguisher	75 ft	75 ft	75 ft

For SI units, 1 ft = 0.305 m; 1 ft² = 0.0929 m².

Note: For maximum floor area explanations, see E.3.3.

Teniendo como referencia la Tabla H.2 Características de los extintores, se deben instalar extintores 2A, con agente Extintor de Polvo Químico Seco Multipropósito ABC (fosfato de amonio).

Los extintores portátiles de incendio deben mantenerse operables y en sus lugares asignados en todo momento cuando no se estén usando. Deben estar colocados en lugar visible y de fácil acceso. Se pueden instalar asegurados sobre soporte, provisto por el fabricante.

Los extintores con un peso inferior a 40 lb deben instalarse de manera que la parte superior del extintor no quede a más de 1.53 m sobre el suelo. Los extintores con peso superior a 40 lb se deben instalar

de manera que la parte superior del extintor no quede a más de 1.07 m sobre el suelo. En ningún caso el fondo del extintor debe quedar a menos de 0.1 m del suelo.

La distancia máxima a un extintor no debe ser superior a 23 m para incendios tipo A y de 15.25 m para incendios tipo B.

El instalador de los extintores deberá indicar los procedimientos para el mantenimiento de los extintores, de acuerdo con lo consignado en la NFPA 10 o NTC 2885. Y de esto se debe guardar registro por parte la administración.

Todos los extintores portátiles de incendios deben estar listados y rotulados, cumpliendo con los requerimientos de las normas ANSI/UL 711, CAN/ULC-S508.

El extintor de incendio debe contener adherida una etiqueta que proporcione la siguiente información:

- Nombre del producto contenido.
- Listado de lo que es peligroso en el agente extintor.
- Nombre del fabricante, dirección.
- Fecha de fabricación o de recarga.
- Información de uso.

La etiqueta debe quedar en el frente del extintor cuando éste sea instalado.

Teniendo en cuenta las exigencias de la NFPA10 para un incendio Clase K (en zonas de cocinas), que es el que aplica en este caso, se establecen localizaciones de extintores con una distancia máxima de recorrido de 30 pies (9.15m), según lo indica el capítulo 6.6, de la NFPA10.

Teniendo como referencia el capítulo 5.5.5 Incendios Clase K en cocinas, los extintores de incendios provistos para la protección de aparatos de cocina deben estar listados y marcados para fuegos clase K. Se debe colocar una placa en un lugar visible cerca del extintor, indicando que se debe activar el sistema de protección contra incendios antes de usar el extintor.

El extintor Tipo K debe tener una capacidad de 6 litros, especial para fuego tipo K, de componente acuoso PRX de sales inorgánicas

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pérez Carmona, Rafael. Agua, Desagües y Gas para Edificaciones. Bogotá, Ecoe Ediciones, 2005.

Rodríguez Díaz, Héctor. Diseños Hidráulicos, Sanitarios y de Gas en Edificaciones. Bogotá, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC-1500 Código Colombiano de Fontanería. Bogotá, ICONTEC, 2004.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas. NTC 2505. Instalaciones para suministro de gas en edificaciones residenciales y comerciales, 2006.

Ministerio de Desarrollo Económico. RAS-2000 Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico, 2000.

NSR. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente. Bogotá D.C.: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica.