



CONVERGE

DISEÑO HIDROSANITARIO Y RED CONTRA INCENDIOS CEDI HOSPITAL SAN RAFAEL



INFORME DE DISEÑO

OCTUBRE 2025

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 5 |
| 2 | INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO | 6 |
| 3 | MARCO NORMATIVO | 7 |
| 3.1 | NORMATIVA NACIONAL | 7 |
| 3.2 | NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS | 7 |
| 4 | DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS HIDROSANITARIOS | 8 |
| 4.1 | SUMINISTRO DE AGUA POTABLE | 8 |
| 4.2 | REDES DE DESAGÜE DE AGUAS RESIDUALES | 8 |
| 4.2.1 | <i>Empalmes.</i> | 9 |
| 4.2.2 | <i>Pendiente de la tubería.</i> | 9 |
| 4.2.3 | <i>Cambios de dirección en bajantes.</i> | 9 |
| 4.3 | REDES DE DESAGÜE DE AGUAS LLUVIAS..... | 9 |
| 5 | SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES INTERNO..... | 10 |
| 5.1 | DIMENSIONAMIENTO DE LA RED..... | 10 |
| 5.1.1 | <i>Número de unidades de descarga o consumo por aparato</i> | 10 |
| 5.2 | DETERMINACIÓN DE DIÁMETROS..... | 11 |
| 5.2.1 | <i>Dimensionamiento redes internas</i> | 12 |
| 5.2.2 | <i>Diámetro mínimo en las redes</i> | 13 |
| 5.3 | CÁLCULOS HIDRÁULICOS | 13 |
| 5.3.1 | <i>Caudal de diseño</i> | 13 |
| 5.3.2 | <i>Cálculo Velocidad a tubo lleno en Colectores Horizontales</i> | 14 |
| 5.3.3 | <i>Cálculo Caudal a tubo lleno en Colectores Horizontales</i> | 14 |
| 5.3.4 | <i>Cálculo Velocidad a tubo parcialmente lleno en Colectores Horizontales</i> | 15 |
| 5.3.5 | <i>Cálculo de la Fuerza tractiva colectores horizontales</i> | 15 |
| 5.3.6 | <i>Cálculo de bajantes</i> | 16 |
| 5.3.7 | <i>Velocidad terminal bajantes</i> | 16 |
| 5.3.8 | <i>Longitud Terminal bajantes</i> | 16 |
| 6 | SISTEMA DE VENTILACIÓN..... | 17 |
| 6.1 | CÁLCULOS HIDRÁULICOS | 17 |
| 6.2 | VELOCIDAD TERMINAL..... | 17 |
| 6.3 | LONGITUD TERMINAL | 18 |
| 6.4 | CAUDAL DE AIRE A EXPULSAR EN L/S | 18 |
| 6.5 | VELOCIDAD DEL AIRE A EXPULSAR | 18 |
| 6.6 | NUMERO DE RE, PARA EL AIRE EXPULSADO..... | 18 |
| 6.7 | COEFICIENTE DE FRICCIÓN PARA EL AIRE EXPULSADO..... | 18 |
| 6.8 | LONGITUD MÁXIMA TUBO DE VENTILACIÓN EN M. | 18 |
| 6.9 | PERDIDAS POR ACCESORIOS..... | 18 |
| 6.10 | LONGITUD REAL DEL TUBO DE VENTILACIÓN..... | 19 |
| 7 | SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE | 20 |
| 7.1.1 | <i>Número de Unidades de consumo máximo posible</i> | 22 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 7.1.2 | <i>Caudal máximo probable</i> | 22 |
| 7.2 | CÁLCULOS HIDRÁULICOS..... | 22 |
| 7.2.1 | <i>Velocidad en el tramo</i> :..... | 22 |
| 7.2.2 | <i>Numero de Reynolds</i> :..... | 23 |
| 7.2.3 | <i>Factor de fricción</i> :..... | 23 |
| 7.2.4 | <i>Pérdidas por fricción, hf (ecuación de Darcy- Weisbach)</i> :..... | 23 |
| 7.2.5 | <i>Pérdidas por accesorios, hm</i> :..... | 23 |
| 7.2.6 | <i>Pérdidas totales del tramo, HT</i> :..... | 24 |
| 7.2.7 | <i>Presiones máximas y mínimas en el sistema</i> :..... | 24 |
| 7.2.8 | <i>Coefficientes de pérdidas menores para accesorios comunes</i> :..... | 24 |
| 7.3 | VOLUMEN DE RESERVA | 27 |
| 7.4 | SISTEMA DE BOMBEO..... | 27 |
| 7.4.1 | <i>Calculo de la potencia</i> | 27 |
| 7.4.2 | <i>Calculo del diámetro de impulsión</i> | 28 |
| 7.4.3 | <i>Cabeza neta de succión positiva (npsh) disponible</i> | 28 |
| 7.4.4 | <i>Calculo del hidroacumulador</i> | 28 |
| 7.4.5 | <i>Recomendaciones de operación y mantenimiento del sistema de bombeo</i> | 28 |
| 8 | SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS | 30 |
| 8.1 | ESTACIÓN METEOROLÓGICA..... | 30 |
| 8.2 | CURVAS DE INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA..... | 30 |
| 8.2.1 | <i>Duración del evento de lluvia</i> | 31 |
| 8.3 | CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS..... | 31 |
| 8.3.1 | <i>Determinación del coeficiente de escorrentía</i> | 32 |
| 8.4 | METODOLOGÍA DE CÁLCULO..... | 33 |
| 10 | PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS | 34 |
| 10.1 | CLASIFICACIÓN DEL TIPO DE EDIFICACIÓN..... | 34 |
| 10.1.1 | <i>Grupo de ocupación almacenamiento (A)</i> | 34 |
| 10.2 | DETECCIÓN Y EXTINCIÓN DE INCENDIOS..... | 34 |
| 10.2.1 | <i>Sistemas y equipos para detección y alarma de incendios</i> | 34 |
| 10.2.2 | <i>Rociadores automáticos</i> | 35 |
| 10.2.3 | <i>Tomas fijas de agua para bomberos</i> | 35 |
| 10.2.4 | <i>Extintores de fuego portátiles</i> | 35 |
| 10.3 | PARÁMETROS DE DISEÑO..... | 35 |
| 10.3.1 | <i>Tipo de sistema requerido</i> | 35 |
| 10.4 | TIPO DE ESTACIONES DE MANGUERAS..... | 36 |
| 10.5 | DIÁMETROS MÍNIMOS..... | 36 |
| 10.6 | LÍMITES DE PRESIÓN MÁXIMA Y MÍNIMA..... | 36 |
| 10.7 | SUMINISTRO DE AGUA..... | 37 |
| 10.8 | CAUDAL DE BOMBEO..... | 37 |
| 10.9 | TRAZADOS Y RECORRIDOS..... | 37 |
| 10.10 | CÁLCULOS HIDRÁULICOS..... | 37 |
| 10.11 | VELOCIDAD DE FLUJO..... | 37 |
| 10.12 | PERDIDAS DE PRESIÓN..... | 38 |
| 10.13 | CONSIDERACIONES ESPECIALES..... | 38 |
| 10.13.1 | <i>Caudal requerido</i> :..... | 38 |
| 10.13.2 | <i>Volumen de almacenamiento requerido</i> | 39 |
| 10.13.3 | <i>Sistema de bombeo</i> | 39 |
| 10.14 | RESULTADOS..... | 39 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 11 | RESULTADOS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 40 |
| 12 | BIBLIOGRAFÍA | 41 |
| | ANEXOS | 42 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| TABLA 1. | UNIDADES DE DESCARGA, CAUDALES POR APARATO Y DIÁMETRO MÍNIMO NTC 1500 | 10 |
| TABLA 2. | UNIDADES DE APARATOS EN RAMALES HORIZONTALES Y BAJANTES..... | 12 |
| TABLA 3. | NUMERO MÁXIMOS DE UNIDADES PARA CADA DIÁMETRO Y PENDIENTE NTC 1500 | 13 |
| TABLA 4. | DIMENSIONES DE LOS TUBOS DE VENTILACIÓN VERTICAL | 17 |
| TABLA 5. | PRESIÓN Y CAUDAL MÍNIMO POR APARATO NTC 1500 | 20 |
| TABLA 6. | UNIDADES DE CONSUMO POR APARATOS SANITARIOS | 21 |
| TABLA 7. | COEFICIENTES DE PÉRDIDAS MENORES PARA ACCESORIOS COMUNES | 24 |
| TABLA 8. | CAUDAL MÁXIMO PROBABLE | 25 |
| TABLA 9. | COEFICIENTES DE IMPERMEABILIDAD..... | 32 |
| TABLA 10. | NSR 10 K.2.2-1 | 34 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| FIGURA 1. | ISOMETRÍA DEL CEDI | 6 |
| FIGURA 2. | LOCALIZACIÓN ESTACIÓN METEOROLOGÍA YOLOMBÓ | 30 |

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento desarrolla el componente técnico correspondiente al diseño de las redes hidráulicas, sanitarias y de protección contra incendios del Centro de Distribución CEDI del Hospital San Rafael de Yolombó. La edificación está concebida como un espacio estratégico de apoyo logístico para el hospital, lo que hace indispensable garantizar sistemas confiables de abastecimiento de agua, evacuación de aguas residuales y pluviales, así como un sistema de protección contra incendios que permita salvaguardar la infraestructura y la continuidad operativa.

El informe técnico presenta la metodología empleada para el cálculo y dimensionamiento de las tuberías de las redes internas de suministro de agua, evacuación de aguas lluvias y aguas residuales, acometidas y medidores, así como la proyección del sistema contra incendios de acuerdo con los requerimientos normativos. Para su desarrollo se han tenido en cuenta lo establecido por el Código Colombiano de Fontanería – Norma Técnica Colombiana NTC 1500, la NSR-10, las normas técnicas internacionales aplicables a protección contra incendios (NFPA), además de las condiciones contractuales y lineamientos del operador de servicios públicos.

Adicionalmente, se incluyen algunas generalidades relacionadas con el proyecto que permiten al lector comprender las consideraciones de diseño aplicadas, mientras que los resultados detallados de los cálculos para cada sistema se presentan en los respectivos anexos como complemento al presente informe.

2 INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El Centro de Distribución del Hospital San Rafael de Yolombó se localiza en el mismo predio del hospital, en la zona posterior a la edificación principal. El proyecto consiste en la construcción de una edificación de dos niveles, destinada a apoyar los procesos logísticos de almacenamiento y distribución de insumos hospitalarios.

La edificación integra áreas administrativas con oficinas y espacios operativos conformados por bodegas dotadas de estanterías con tres niveles de almacenamiento, diseñadas para garantizar un manejo ordenado y eficiente de los recursos. Desde el punto de vista normativo, el diseño se acoge a lo establecido en el POT de Medellín y las disposiciones del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10), contemplando análisis geotécnicos detallados para garantizar la estabilidad del talud y la seguridad estructural.

En cuanto a la accesibilidad, el proyecto incorpora se ubica en una zona accesible por vía pública, para movilidad vertical posee escaleras y descansos en conformidad con la Norma Técnica Colombiana NTC 6047.

Desde el punto de vista estructural, se propone un sistema aporticado en concreto reforzado, en cuanto al componente de redes técnicas, se proyecta la incorporación de buitrones verticales estratégicamente ubicados, a través de los cuales se distribuirán las tuberías de los diferentes sistemas (hidrosanitarios, eléctricos, entre otros).

Dado que se ubica dentro del predio del hospital, se cuenta con disponibilidad de redes públicas de acueducto, energía eléctrica, alcantarillado y gas natural, a las cuales se proyecta la conexión de la edificación, como se trata de una edificación existente y las conexiones son a sus propias redes no se requieren tramites de autorización de conexión ante el operador.



FIGURA 1. Isometría del CEDI

3 MARCO NORMATIVO

Para el desarrollo de los estudios y diseños hidráulicos (acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial) y red contra incendios del presente proyecto, se establecen los siguientes lineamientos normativos a nivel nacional y local:

3.1 Normativa Nacional

- **RAS 2000 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico):** establece los criterios técnicos y sanitarios para el diseño y dimensionamiento de redes de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial.
- **Norma Sismo Resistente Colombiana – NSR-10 (Título J, Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias):** define criterios estructurales y de diseño que aseguran la resistencia y funcionalidad de las instalaciones hidrosanitarias frente a eventos sísmicos.

3.2 Normas Técnicas Complementarias

- **NTC 1500:2023** Instalaciones hidráulicas y sanitarias.
- **NTC 1669 –** Protección contra incendios en edificaciones: fija lineamientos generales para el diseño e instalación de sistemas de protección contra incendios en edificaciones.
- **NTC 2301 –** Sistemas de abastecimiento de agua para protección contra incendios: establece los requisitos de diseño, instalación y operación de redes de agua dedicadas al control y supresión de incendios.
- **NFPA 14:** instalación de sistemas de tuberías verticales y mangueras.
- **NFPA 20:** bombas estacionarias contra incendios.

4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS HIDROSANITARIOS

4.1 Suministro de Agua Potable

Debido a que las empresas de servicios públicos solo están obligadas a garantizar una presión de 16 m.c.a en las redes públicas, normativamente toda edificación que cuente con más de tres niveles o 9 m de altura, posea aparatos que requieran caudales instantáneos mayores al de la acometida o presiones por encima del valor establecido deberán contar los equipos que garanticen sus necesidades particulares sin depender de las condiciones de las redes públicas, así mismo toda edificación institucional, de salud, multifamiliar e industrial debe contar con almacenamiento que permita absorber los picos de consumo y garantizar el suministro en caso de cortes en el servicio, la edificación actualmente tiene un tanque de almacenamiento, sin embargo este no garantiza el volumen mínimo requerido para un periodo de 48 horas, estas condiciones implican que la edificación objeto de los presentes diseños debe contemplar tanque de almacenamiento y sistema de presurización.

Como planteamiento general del sistema de suministro, este se toma de la red pública existente y se conduce al tanque de almacenamiento proyectados, pasando luego por un equipo de bombeo y presurización del que se desprenden 2 ramales, uno con agua cruda y otro que ingresa a un sistema de tratamiento y potabilización; el agua cruda se destina para el abastecimiento de sanitarios, lavamanos y pocetas o grifos aislados, mientras que el agua potable se destina para la ducha y los pozuelos de los consultorios médicos, lavaplatos.

El criterio de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable está basado en mantener la velocidad en un límite máximo de 2 m/s lo que a su vez permite el control de las pérdidas dentro de las tuberías, esto controla que el sistema de presurización no se requiera de grandes dimensiones y evita el prematuro deterioro de este.

4.2 Redes de Desagüe de Aguas Residuales

El manejo de las aguas residuales para este proyecto se realizará de la siguiente manera:

Se dispondrá de un sistema de redes principales y secundarias, bajantes, cajas de inspección para la intercepción, conducción y evacuación de las aguas servidas hacia el sistema de tratamiento individual de la edificación.

El criterio de diseño para este sistema se basa en la determinación de las unidades descarga de cada aparato sanitario, posteriormente mediante la tabulación de dichas unidades y la selección de una pendiente de instalación de las tuberías de drenaje principal, se obtendrán los diámetros de las redes requeridas de acuerdo con la NTC 1500, adicional a esto se presentan además los caculos hidráulicos de velocidad, fuerza tractiva y relación de caudales con lo que se confirma la suficiencia hidráulica tabulada de acuerdo al procedimiento anterior, en caso de que los cálculos hidráulicos presenten una suficiencia hidráulica mayor a la estipulada en la NTC 1500 será decisión del diseñador la adopción de un diámetro u otro.

Normativamente, por disponibilidad de accesorios y para garantizar el buen funcionamiento de la red se tienen algunos requisitos que deben cumplirse.

4.2.1 Empalmes.

Todos los empalmes horizontales se deben realizar a 45 grados, y la llegada a los bajantes se realizará con YEE o TEE y CODO de 45 grados

4.2.2 Pendiente de la tubería.

La pendiente de la tubería sanitaria debe ser tal que garantice su capacidad para evacuar el caudal de diseño, con una velocidad comprendida entre 0,60 m/s y 5 m/s o mínimo 0,15 kg/m² de fuerza tractiva. **Las pendientes mínimas serán del 1%** a no ser que se especifique un valor diferente en el plano.

4.2.3 Cambios de dirección en bajantes.

Los cambios de dirección en bajantes se realizarán en ángulo de 45°, cuando se quiera cambiar de dirección en un bajante con un ángulo menor de 45 grados, se calcula el tramo con una pendiente mínima del 4%.

4.3 Redes de Desagüe de Aguas Lluvias

Las aguas lluvias de la cubierta de la edificación se captarán y evacuarán mediante la interceptación, evacuación y disposición final hacia las redes del hospital

El criterio de diseño para estos sistemas se basa en la determinación de las áreas tributarias para los respectivos bajantes y redes de drenaje proyectadas, posteriormente mediante el uso del método racional, se determinan los respectivos caudales teniendo en cuenta las cotas, pendientes y los diámetros de las redes requeridas para el transporte y evacuación de las aguas lluvias que discurren sobre las diferentes áreas del proyecto.

Los criterios de empalmes, pendientes mínimas y ángulos de conexión son los mismos de la red de aguas residuales.

5 SISTEMA DE AGUAS RESIDUALES INTERNO

El diseño de la red de desagües sanitarios se divide en dos fases, la primera es el cumplimiento normativo de la NTC 1500, la cual define el diámetro que deben tener las redes de acuerdo con el número de unidades de desagüe y la pendiente de la tubería y la segunda es la comprobación de los parámetros hidráulicos, como velocidad, fuerza de arrastre, etc. Estos procesos se convalidan entre sí y deben cumplirse para todos y cada uno de los tramos de la red.

5.1 Dimensionamiento de la red

Para el dimensionamiento de la red (determinación de diámetros) se sigue el procedimiento descrito en la NTC 1500.

5.1.1 Número de unidades de descarga o consumo por aparato

El número de unidades que descarga cada aparato hidrosanitario se obtiene de las siguientes posibles maneras:

1. Fichas técnicas de los aparatos.
2. Especificados en las normas técnicas NTC 1500, Ver TABLA 1.
3. De acuerdo con el diámetro de descarga de los aparatos según Tabla 8.9.2 de la NTC 1500.
4. Para aparatos de flujo continuo con la equivalencia de 2 UD= 0.06 l/s, 1 gpm 3,8 L/min.

TABLA 1. UNIDADES DE DESCARGA, CAUDALES POR APARATO Y DIÁMETRO MÍNIMO NTC 1500

| Tipo de aparato o accesorio | Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga | Diámetro mínimo del sifón (pulgadas) |
|---|---|--------------------------------------|
| Máquina automática de lavar ropa, comercial ^{a,g} | 3 | (2) |
| Máquina automática de lavar ropa, residencial ^g | 2 | (2) |
| Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 6,06 Lpf (1,6 gpd inodoro) ^f | 5 | - |
| Grupos sanitarios como se define en el numeral 3.2 (lavado del inodoro mayor a 6,06 Lpf (1,6 gpd)); | 6 | - |
| Bañera ^b (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 escupidera dentales | 1 | (1 ¼) |
| Lavadora para platos ^c , doméstica | 2 | (1 ½) |
| Bebedero | 1/2 | (1 ¼) |
| Drenaje de emergencia para pisos | 0 | (2) |
| Drenajes de piso ^b | 2 ^h | (2) |

| Tipo de aparato o accesorio | Valor unitario de desagüe de aparato como factor de carga | Diámetro mínimo del sifón (pulgadas) |
|---|---|--------------------------------------|
| Receptor de piso | ⁿ | (2) |
| Poceta de cocina, doméstico | 2 | (1 ½) |
| Poceta de cocina con triturador de vertimientos, lavavajillas o ambos. | 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 (Más de 5,7 gpm hasta 12,3 gpm) | 3 | (2) |
| Más de 0,78L/s hasta 1,63 L/s (Más de 12,3 gpm hasta 25,8 gpm) | 5 | (3) |
| Más de 1,63 L/s hasta 3,51 L/s (Más 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 | ^{2º} | ^d |
| Orinal, sin suministro de agua | ½ | ^d |
| Poceta para lavado (circular o múltiples) cada juego de grifos | 2 | (1 ½) |
| Inodoro, tanque con fluxómetro, público o privado | 4 ^º | ^d |
| Inodoro, privado (1,6 gpf) | 3 ^º | ^d |
| Inodoro, privado (descarga mayor a 1.6 gpf) | 4 ^º | ^d |
| Inodoro, público (1,6 gpf) | 4 ^º | ^d |
| Inodoro, público (lavado mayor a 1.6 gpf) | 6 ^º | ^d |
| Factores de conversión: 1 L = 0,3 galón (gpf = galones por descarga). | | |
| ^a Para (sifones) mayores de 3 pulgadas, use Tabla 8.9.2. | | |
| ^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 El diámetro del (sifón) debe ser consistente con el diámetro de la boca de salida del aparato. | | |
| ^e Con el propósito de calcular las cargas en las redes y drenaje de edificaciones, los inodoros y orinales no se deben medir en una unidad de aparato de desagüe más baja, a menos que valores más bajos sean confirmados por ensayos. | | |
| ^f Para aparatos agregados a grupos sanitarios, agregar el valor unidad de aparato de desagüe (UAD) de aquellos aparatos agregados al total del grupo de aparatos sanitarios. | | |
| ^g Véase el numeral 5.6.3 para los requisitos de tamaño para drenaje de aparato, drenaje de ramal y desagüe de la bajante de una cañería vertical de un lavarropas automático. | | |
| ^h Véase los numerales 8.9.4 y 8.9.4.1. | | |

Fuente: Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias

5.2 Determinación de diámetros

Los diámetros deben cumplir con los requisitos establecidos en la NTC 1500, la cual define para diferentes pendientes, el número máximo de unidades que puede evacuar cada diámetro de tubería, estos valores se muestran en los siguientes numerales:

5.2.1 Dimensionamiento redes internas

Los diámetros de los ramales de las redes hidrosanitarias internas y bajantes internos se definen de acuerdo al número de intervalos (pisos de la edificación) y deben cumplir con lo especificado en la siguiente tabla:

TABLA 2. UNIDADES DE APARATOS EN RAMALES HORIZONTALES Y BAJANTES

| Diámetro del tubo milímetros (pulgadas) | Máximo número de unidades de aparatos de desagüe (UAD) | | | |
|---|--|---|---|---|
| | Total para un ramal horizontal | Bajantes ^b | | |
| | | Descarga total en un intervalo de ramal | Total de bajantes de tres intervalos de ramal o menos | Total para la bajante principal de tres intervalos de ramal |
| 1 ½ | 3 | 2 | 4 | 8 |
| 2) | 6 | 6 | 10 | 24 |
| 2 ½ | 12 | 9 | 20 | 42 |
| 3 | 20 | 20 | 48 | 72 |
| 4 | 160 | 90 | 240 | 500 |
| 5 | 360 | 200 | 540 | 1 100 |
| 6 | 620 | 350 | 960 | 1 900 |
| 8 | 1 400 | 600 | 2 200 | 3 600 |
| 10 | 2 500 | 1 000 | 3 800 | 5 600 |
| 12 | 2 900 | 1 500 | 6 000 | 8 400 |
| 15 | 7 000 | c | c | c |

^a No incluye ramales de drenaje de la edificación. Véase la Tabla 8.10.1(1).

^b El diámetro de las bajantes se debe seleccionar con base en el total acumulado de la carga conectada en cada piso o intervalo de ramal. En la medida que el total de la carga acumulada disminuye, se permite disminuir el diámetro de las bajantes. El diámetro no debe ser reducido a menos de la mitad del diámetro requerido para la bajante de mayor diámetro.

^c Dimensionamiento de carga basada en criterios de diseño.

UAD = Unidad de aparato de desagüe, en inglés, dfu.

Los desagües de la edificación, es decir los que sirven como tuberías principales, las tuberías de evacuación de aguas de varias instalaciones o en el caso de edificaciones de múltiples usuarios, se debe dimensionar con la siguiente tabla.

TABLA 3. NUMERO MÁXIMOS DE UNIDADES PARA CADA DIÁMETRO Y PENDIENTE NTC 1500

| Diámetro de la tubería (pulgadas) | Máximo número de unidades de desagüe de aparatos conectados a cualquier porción del desagüe o alcantarillado de la edificación, incluyendo los ramales del desagüe de la edificación ^a | | | |
|-----------------------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | Pendiente en porcentaje (%) (Pendiente pulgada por pie) | | | |
| | 0,5 % (1/16) | 1,0 % (1/8) | 2,0 % (1/8) | 4,0 % (1/8) |
| (1 ¼) | - | - | (1) | (1) |
| (1 ½) | - | - | (3) | (3) |
| (2) | - | - | (21) | (26) |
| (2 ½) | - | - | (24) | (31) |
| (3) | - | (36) | (42) | (50) |
| (4) | - | (180) | (216) | (250) |
| (5) | - | (390) | (480) | (575) |
| (6) | - | (700) | (840) | (1 000) |
| (8) | (1 400) | (1 600) | (1 920) | (2 300) |
| (10) | (2 500) | (2 900) | (3 500) | (4 200) |
| (12) | (3 900) | (4 600) | (5 600) | (6 700) |
| (15) | (7 000) | (8 300) | (10 000) | (12 000) |

Factor de conversión: 83,3 mm/m = 1 pulgada por pie.
^a La dimensión mínima de la tubería de desagüe de aguas residuales de una edificación que sirve a un inodoro debe ser de 76 mm (3 pulgadas).

Fuente: Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias

5.2.2 Diámetro mínimo en las redes

Aunque las tuberías poseen capacidad suficiente para evacuar diferentes aparatos para algunos casos prima el diámetro mínimo que se define dependiendo del tipo de descarga, en la TABLA 1 se muestran los diámetros mínimos exigidos en la NTC 1500.

5.3 Cálculos hidráulicos.

Para realizar los cálculos hidráulicos se debe conocer además del diámetro y pendientes definidos anteriormente, el caudal aportado por los aparatos, en este caso se toma la recomendación descrita en la NTC 1500 segunda actualización, que consiste en tomar el mismo valor de las unidades de consumo, pero para desagües considerar el caudal de aparatos de fluxómetro.

5.3.1 Caudal de diseño

En el presente diseño la determinación de caudales se realiza de acuerdo con los consumos mostrados en la TABLA 8 del presente documento y de acuerdo con el Anexo B de la NTC 1500 2023, la red de desagües se dimensiona con el mismo método de la red de abastos, pero siempre considerando el caudal de los aparatos de fluxómetro.

Una vez obtenido el caudal de diseño se procede a determinar las demás condiciones hidráulicas con las que funcionara la red garantizando el cumplimiento de presión mínima requerida por el fabricante y normativamente en cada aparato.

5.3.2 Cálculo Velocidad a tubo lleno en Colectores Horizontales

Para el cálculo de la máxima capacidad del colector a tubo lleno se utilizará la siguiente ecuación la cual toma se fundamenta en la ecuación de Darcy para flujo uniforme¹

$$V_0 = -8,86 * D^{0,5} * S^{0,5} * \text{Log} \left[\left(\frac{K_s}{3,71 * D} \right) + \left| \frac{6 * 10^{-7}}{D^{1,5} * S^{0,5}} \right| \right]^2$$

V_0 = Velocidad a tubo lleno en m/s

D = Diámetro en m

S = Pendiente en %

$K_s = 1,5 \times 10^{-6}$ para el PVC

Por ejemplo, para el tramo CR1-CR2

$$V_0 = -8,86 * 0,108^{0,5} * 0,01^{0,5} * \log \left[\left(\frac{1,5 * 10^{-6}}{3,71 * 0,108} \right) + \left(\frac{6 * 10^{-7}}{0,108^{1,5} * 0,01^{0,5}} \right) \right] * 1000 = 1,1 \text{ m/s}$$

5.3.3 Cálculo Caudal a tubo lleno en Colectores Horizontales

Una vez obtenida la velocidad a tubo lleno con la ecuación de continuidad se puede calcular el caudal a tubo lleno así:

$$Q_0 = V * A$$

Q_0 Caudal a tubo lleno

A área del tubo = $\pi * D^2/4$

D diámetro interno del tubo

^{1,4} Esta ecuación se obtiene a partir del coeficiente de fricción f de la fórmula de Darcy-Weisbach, el cual se evalúa con la fórmula de Colebrook-White. Esta fórmula se considera teóricamente la más completa, pues es aplicable a todos los regímenes de flujo, y depende del diámetro, el número de Reynolds y el coeficiente de rugosidad absoluta k propio de la superficie., RAS (2000), Saldarriaga. Juan. Hidráulica de Tuberías. Ed MC GRAW HILL. Bogotá D.C. 1998. P 45-69.

5.3.4 Cálculo Velocidad a tubo parcialmente lleno en Colectores Horizontales³

$$V_f = 1.0569 * V_o * \left(\frac{Q}{Q_o} \right)^{0.3002}$$

V_f Velocidad en tubería parcialmente llena en m/s

Q_o = Caudal en m³/s

V_o = Velocidad a tubo lleno

Q = Caudal de diseño en l/s., calculado previamente por el método racional

La V_f , velocidad en tubería parcialmente llena en m/s se condicionará así:

Para redes de aguas lluvias o combinadas, deberá ser la velocidad que genere una fuerza tractiva de 0.2 kg/m².

Para redes de alcantarillado sanitario la velocidad real mínima deberá ser la que genere una fuerza tractiva de 0.1 kg/m².

5.3.5 Cálculo de la Fuerza tractiva colectores horizontales

Cuando la velocidad a flujo libre no supera los 0,5 m/s, se debe garantizar que la fuerza tractiva es superior o igual a 0,15 kg/m³.

$$Rh = 0.3533 * D * \left(\frac{Q}{Q_o} \right)^{0.412}$$

$F_t = 1000 * Rh * S$ con

(Q / Q_o) Relación de caudales

D = Diámetro en m

S = Pendiente en %

³ Ecuación deducida a partir la gráfica de relación Q/Q_o Vs V/V_o . Camacho. Luis, Saldarriaga Juan. Seminario Diseño de Alcantarillados. Universidad de los Andes. 2002. P 38-77

5.3.6 Cálculo de bajantes

Para el cálculo de bajantes se emplea la siguiente fórmula (Dawson⁴):

$$Q = 1,754r^{5/3}d^{8/3}$$

Dónde:

Q: Caudal en L/s

r: Relación de áreas, valor entre ¼ y 1/3

d: Diámetro en Pulgadas.

5.3.7 Velocidad terminal bajantes

En los bajantes se debe calcular la velocidad terminal que corresponde a la velocidad máxima que alcanza el fluido en un bajante, la velocidad terminal se calcula así:

$$V_t = 2.76 * \left(\frac{Q}{D}\right)^{0.40}$$

Donde:

Vt Velocidad terminal

Q Caudal de agua en el tramo analizado

D Diámetro del tramo analizado

5.3.8 Longitud Terminal bajantes

Asociada la velocidad terminal se encuentra la longitud terminal que corresponde a la distancia entre la última entrega y el punto a partir del cual la aceleración es cero, se calcula así:

$$L_t = 0.17 V_t^2$$

⁴ Pérez Carmona, Rafael. Diseño de instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Grupo Editor. Universidad Católica. Bogotá. 2010. P 183

6 SISTEMA DE VENTILACIÓN

El sistema de ventilación requerido se define por cálculos de ingeniería de acuerdo con el numeral 10.19 de la NTC 1500 cumpliendo con las limitantes mostradas a continuación.

TABLA 4. DIMENSIONES DE LOS TUBOS DE VENTILACIÓN VERTICAL

| Diámetro del tubo de ventilación (pulgadas) | Caudal de aire (gasto) de ventilación individual L/min (pies ³ /min) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | Máxima longitud de desarrollo de ventilación m (pies) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 0,3 (1) | 0,6 (2) | 0,9 (3) | 1,2 (4) | 1,5 (5) | 1,8 (6) | 2,1 (7) | 2,4 (8) | 2,7 (9) | 3,1 (10) | 3,4 (11) | 3,7 (12) | 4,0 (13) | 4,3 (14) | 4,6 (15) | 4,9 (16) | 5,2 (17) | 5,5 (18) | 5,8 (19) | 6,1 (20) |
| 1/2 | 44,8 (95) | 11,8 (25) | 6,1 (13) | 3,8 (8) | 2,4 (5) | 1,9 (4) | 1,4 (3) | 0,9 (2) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) | 0,5 (1) |
| 3/4 | 47,2 (100) | 41,5 (88) | 22,2 (47) | 14,2 (30) | 9,4 (20) | 7,1 (15) | 4,7 (10) | 4,2 (9) | 3,3 (7) | 2,8 (6) | 2,4 (5) | 1,9 (4) | 1,4 (3) | 1,4 (3) | 1,4 (3) | 0,9 (2) | 0,9 (2) | 0,9 (2) | 0,9 (2) | 0,5 (1) |
| 1 | - | - | 47,2 (100) | 44,4 (94) | 30,7 (65) | 22,7 (48) | 17,5 (37) | 13,7 (29) | 11,3 (24) | 9,4 (20) | 8,0 (17) | 6,6 (14) | 5,7 (12) | 5,2 (11) | 4,2 (9) | 3,8 (8) | 3,3 (7) | 3,3 (7) | 2,8 (6) | 2,8 (6) |
| 1 1/4 | - | - | - | - | - | - | - | 47,2 (100) | 41,1 (87) | 34,4 (73) | 29,3 (62) | 25,0 (53) | 21,7 (46) | 18,9 (40) | 17,0 (36) | 15,1 (32) | 13,7 (29) | 12,3 (26) | 10,9 (23) | 9,9 (21) |
| 1 1/2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 47,2 (100) | 45,3 (96) | 39,6 (84) | 35,4 (75) | 30,7 (65) | 28,3 (60) | 25,5 (54) | 23,1 (49) | 21,2 (45) |
| 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 47,2 (100) |

Factores de conversión: 1 L/min = 0,03pie³/min, 1 m = 3,3 pies.

Fuente: Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias

Se valida además el cumplimiento de los valores máximos descritos en la NTC 1500 numeral 10.6.1.

6.1 Cálculos hidráulicos

Se realiza el cálculo la ventilación para los baños del primer y segundo nivel, incluyendo la zona del consultorio 2.

6.2 Velocidad terminal

La velocidad terminal se calcula así ⁵:

$$V_t = 2.76 * \left(\frac{Q}{D}\right)^{0.40}$$

Donde:

V_t Velocidad terminal m/s

Q Caudal de agua en el tamo analizado l/s

D Diámetro del tramo analizado pulg

⁵ (Carmona, 2010)

6.3 Longitud Terminal

La longitud terminal se calcula así:

$$L_t = 0.17 V_t^2$$

6.4 Caudal de aire a expulsar en l/s

$$Q_a = 0.36 * V_t * D^2$$

6.5 Velocidad del aire a expulsar.

$$V_a = 1.97 \frac{Q_a}{d^2}$$

Donde:

Va Velocidad del aire a expulsar m/s

Qa Caudal del aire a expulsar l/s

d Diámetro de la tubería de ventilación pulg

6.6 Numero de Re, para el aire expulsado.

Tomando una Viscosidad Cinemática $V_s = 0.000016 \text{ m}^2/\text{s}$ para la temperatura del aire en las redes de aguas residuales en el clima de nuestro proyecto

$$R_e = 1588 * V_a * d$$

6.7 Coeficiente de fricción para el aire expulsado.

$$f = \frac{1.325}{\left(\frac{\ln 1.59 \times 10^{-5}}{d}\right) + \left(\frac{5.74}{R_e^{0.9}}\right)^2}$$

6.8 Longitud máxima tubo de ventilación en m.

$$L_v = \frac{3.25 * d^5}{f * Q_a^2}$$

6.9 Perdidas por accesorios.

$$h_m = K_m * \frac{V_a^2}{2g}$$

Coeficiente de perdidas, Para Codo $K_m=0.9$ para Ye en sentido del flujo $K_m=0.3$

6.10 Longitud real del tubo de ventilación.

$$L_{Rv} = L_v - K_m$$

Una vez calculada la longitud real del tubo de ventilación se debe verificar que la longitud de la tubería instalada sea igual o inferior a la calculada, en caso contrario se debe incrementar el diámetro de la ventilación. Al verificar la longitud máxima del tramo que se puede ventilar, se aprecia que una tubería de Ø2 cumple con lo requerido.

De acuerdo con Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS Y DE GAS EN EDIFICACIONES, la ventilación de cada aparato sanitario individualmente es recomendada pero resulta costosa y es necesario desarrollar redes de tuberías de ventilación que pueden ser difíciles de construir por lo que no se recomienda en la mayor parte de los diseños, de acuerdo con lo anterior y basado en la experiencia del profesional, será potestad de este la decisión de ventilar cada aparato sanitario o usar un sistema de ventilación común para dos o más aparatos, en este caso se usa el método de ventilación común cumpliendo siempre con la protección de los sifones de acuerdo con la distancia máxima establecida en el numeral 10.90.1 de la NTC 1500.

7 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

La velocidad máxima de diseño debe ser de 2 m/s para tubería de diámetro inferior a 76,2 mm (3 pulg); para diámetros iguales o mayores, la velocidad máxima debe ser de 2,50 m/s para la disminución del golpe de ariete, además debe cumplirse el requisito normativo mostrado en la siguiente tabla.

TABLA 5. PRESIÓN Y CAUDAL MÍNIMO POR APARATO NTC 1500

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

Fuente: Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias

Los consumos para cada aparato se definen de acuerdo con la tabla b.1.3.3(2) de la NTC 1500 la cual se muestra a continuación.

TABLA 6. UNIDADES DE CONSUMO POR APARATOS SANITARIOS

| Aparato | Uso | Tipo de control de suministro | Valores de carga en unidades de aparato de suministro de agua (w.s.f.u.) ^b | | |
|--|--------------------|-------------------------------|---|----------|-------|
| | | | Fría | Caliente | Total |
| Grupo de baño | Privado | Sanitario de tanque | 3,7 | 1,5 | 4,3 |
| Grupo de baño | Privado | Válvula fluxómetro | 5,5 | 1,5 | 6,1 |
| Tina | Privada | Grifería | 1,0 | 1,0 | 1,4 |
| Tina | Público | Grifería | 3,0 | 3,0 | 4,0 |
| Bidé | Privado | Grifería | 1,5 | 1,5 | 2,0 |
| Accesorio de combinación | Privado | Grifería | 2,25 | 2,25 | 3,0 |
| Lavavajillas | Privado | Automático | - | 1,4 | 1,4 |
| Bebedores | Oficinas, etc. | Válvula 3/8 de pulgada | 0,25 | - | 0,25 |
| Poceta de cocina | Privado | Grifería | 1,0 | 1,0 | 1,4 |
| Poceta de cocina | Hotel, restaurante | Grifería | 3,0 | 3,0 | 4,0 |
| Lavaderos (1 a 3) | Privado | Grifería | 1,0 | 1,0 | 1,4 |
| Lavamanos | Privado | Grifería | 0,5 | 0,5 | 0,7 |
| Lavamanos | Público | Grifería | 1,5 | 1,5 | 2,0 |
| Pocetas de servicio | Oficinas, etc. | Grifería | 2,25 | 2,25 | 3,0 |
| Ducha | Público | Válvula mezcladora | 3,0 | 3,0 | 4,0 |
| Ducha | Privado | Válvula mezcladora | 1,0 | 1,0 | 1,4 |
| Orinal | Público | 0.5 Lpf a 1 Lpf | 1,0 | - | 1,0 |
| Orinal | Público | 1.1 Lpf a 2.0 Lpf | 2,0 | - | 2,0 |
| Orinal | Público | Tanque de descarga > 2.0 Lpf | 3,0 | - | 3,0 |
| Máquina automática de lavar ropa (8 lb) | Privado | Automático | 1,0 | 1,0 | 1,4 |
| Máquina automática de lavar ropa (8 lb) | Público | Automático | 2,25 | 2,25 | 3,0 |
| Máquina automática de lavar ropa (15 lb) | Público | Automático | 3,0 | 3,0 | 4,0 |
| Inodoro | Privado | Válvula Fluxómetro | 4,0 | - | 4,0 |
| Inodoro | Privado | Tanque de descarga | 2,2 | - | 2,2 |
| Inodoro | Público | Válvula Fluxómetro | 6,0 | - | 6,0 |
| Inodoro | Público | Tanque de descarga | 5,0 | - | 5,0 |
| Inodoro | Público o privado | Tanque fluxómetro | 2,0 | - | 2,0 |

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

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

^b En caso de diseñar una red de agua fría únicamente, tome los valores de la columna "Fría", en caso de diseñar una red de agua caliente únicamente, tome los valores de la columna "Caliente" y en caso de que la red suministre tanto agua fría como caliente tome los valores de la columna "Total", afectados por el porcentaje de mezcla que se consideró entre 70% a 75%.

Fuente: Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias

7.1.1 Número de Unidades de consumo máximo posible.

Se presenta cuando todos los aparatos funcionan simultáneamente, como este suceso nunca se presenta, las redes no se deben dimensionar con este valor directamente ya que se obtendría diámetros que sobrepasarían por mucho la capacidad requerida.

Este se obtiene de multiplicar el número de aparatos por su respectivo número de unidades de descarga o consumo, para cada tramo analizado.

7.1.2 Caudal máximo probable.

Es el caudal más alto que probablemente se puede presentar en un tramo de tubería y es el que se utiliza para diseñar el sistema.

En este caso se usara el Método descrito en la NTC 1500, para el cual una vez obtenido el número total de unidades de un respectivo tramo, mediante la TABLA 8 se obtiene el caudal que se aporta por los aparatos al tramo respectivo, la tabla ya incorpora las consideraciones de simultaneidad, los valores son diferentes para instalaciones con aparatos comunes y para instalaciones con fluxómetros, en la TABLA 8 se muestran los diferentes de valores de caudal para diferentes valores de unidades.

Al unirse dos o más tramos no se acumulan los caudales, en su lugar se acumulan el número de unidades y nuevamente se regresa a la tabla para determinar el caudal de diseño.

7.2 Cálculos hidráulicos.

Con los caudales definidos para cada tramo, se procede a calcular el diámetro requerido para cada uno de estos de forma que se cumplan los requisitos de velocidad mencionados, además se calculan las pérdidas de presión ocasionadas por la rugosidad y los accesorios del sistema, lo que permite definir la presión requerida en la acometida la cual comparándola con la disponible en el sitio dará la información si esta es suficiente o si se requiere disminuir las perdidas en el sistema o en algunos casos un sistema de bombeo para garantizar las presiones mínimas en los aparatos.

7.2.1 Velocidad en el tramo:

La velocidad en el tramo se evalúa con la ecuación de continuidad $Q=V*A$

$$v \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{4 * Q}{\pi * D^2}$$

Q = Caudal de diseño en m³/s
D = Diámetro del tramo en m

7.2.2 Numero de Reynolds⁶:

$$Re = \frac{v * D}{\mu}$$

v = Velocidad del tramo en m/s
D = Diámetro del tramo en m
 $\mu = 1,14 \times 10^{-6}$

7.2.3 Factor de fricción⁷:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left[\frac{k_s}{3.7d} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

f = Factor de fricción
d = Diámetro del tramo en m
Re = Reynolds
K_s = Rugosidad absoluta en m

7.2.4 Pérdidas por fricción, h_f (ecuación de Darcy- Weisbach):

$$h_f (m) = \frac{f * L * v^2}{2 * g * \phi}$$

f = Factor de fricción
L = Longitud del tramo en m
v = Velocidad del tramo en m/s
g = aceleración de la gravedad
Ø = Diámetro

7.2.5 Pérdidas por accesorios, h_m:

⁶ Saldarriaga. Juan. Hidráulica de Tuberías, abastecimiento de agua, redes, riegos. Editorial Alfaomega. Bogotá D.C 2007 P 10

⁷ Saldarriaga. Juan. Hidráulica de Tuberías. Ed MC GRAW HILL. Bogotá D.C. 1998. P 68

$$hm (m) = \frac{Km * v^2}{2 * g}$$

Km = Coeficiente de pérdidas para accesorios

v = Velocidad del tramo en m/s

g = aceleración de la gravedad

7.2.6 Pérdidas totales del tramo, HT:

$$HT (m) = hf + hm$$

7.2.7 Presiones máximas y mínimas en el sistema:

Según la NTC 1500 "La presión de agua en la red de distribución no debe exceder los 550 kPa (55 m.c.a). Donde se superen estos valores se deben instalar dispositivos reductores de presión".

7.2.8 Coeficientes de pérdidas menores para accesorios comunes:

La determinación de perdidas menores se realiza por el método de coeficiente de perdidas, este se obtiene según el RAS, Tabla B.6.11.

TABLA 7. COEFICIENTES DE PÉRDIDAS MENORES PARA ACCESORIOS COMUNES

| Accesorio | Km |
|---|------|
| Válvula de globo, completamente abierta | 10.0 |
| Válvula de mariposa, completamente abierta | 5.0 |
| Válvula de cheque, completamente abierta | 2.5 |
| Válvula de compuerta, completamente abierta | 0.2 |
| Codo de radio corto | 0.9 |
| Codo de radio medio | 0.8 |
| Codo de gran radio | 0.6 |
| Codo de 45°0 | 0.4 |
| Te, en sentido recto | 0.3 |
| Te, a través de la salida lateral | 1.8 |
| Unión | 0.3 |
| Entrada recta a tope | 0.5 |
| Entrada con boca acampanada | 0.1 |
| Entrada con tubo entrante | 0.9 |
| Salida | 1.0 |

Fuente: Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS

TABLA 8. CAUDAL MÁXIMO PROBABLE

| Carga. Unidades de aparato (w.s.f.u) | | Demanda, Caudal | | | Carga. Unidades de aparato (w.s.f.u) | | Demanda, Caudal | | | Carga. Unidades de aparato (w.s.f.u) | | Demanda, Caudal | | |
|--------------------------------------|-------------|-----------------|------|-------|--------------------------------------|-------------|-----------------|------|--------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-------|--------|
| Tanque | Flujo metro | (gpm) | L/s | L/min | Tanque | Flujo metro | (gpm) | L/s | L/min | Tanque | Flujo metro | (gpm) | L/s | L/min |
| 0,5 | - | 1 | 0,06 | 3,79 | 107 | 37 | 45 | 2,84 | 548,83 | 611 | 521 | 145 | 9,15 | 548,83 |
| 1 | - | 2 | 0,13 | 7,57 | 111 | 39 | 46 | 2,90 | 567,75 | 638 | 559 | 150 | 9,46 | 567,75 |
| 3 | - | 3 | 0,19 | 11,36 | 115 | 42 | 47 | 2,96 | 586,68 | 665 | 596 | 155 | 9,78 | 586,68 |
| 4 | - | 4 | 0,25 | 15,14 | 119 | 44 | 48 | 3,03 | 605,6 | 692 | 631 | 160 | 10,09 | 605,6 |
| 6 | - | 5 | 0,32 | 18,93 | 123 | 46 | 49 | 3,09 | 624,53 | 719 | 666 | 165 | 10,41 | 624,53 |
| 7 | - | 6 | 0,38 | 22,71 | 127 | 48 | 50 | 3,15 | 643,45 | 748 | 700 | 170 | 10,72 | 643,45 |
| 8 | - | 7 | 0,44 | 26,5 | 130 | 50 | 51 | 3,22 | 662,38 | 778 | 739 | 175 | 11,04 | 662,38 |
| 10 | - | 8 | 0,50 | 30,28 | 135 | 52 | 52 | 3,28 | 681,3 | 809 | 775 | 180 | 11,35 | 681,3 |
| 12 | - | 9 | 0,57 | 34,07 | 141 | 54 | 53 | 3,34 | 700,23 | 840 | 811 | 185 | 11,67 | 700,23 |
| 13 | - | 10 | 0,63 | 37,85 | 146 | 57 | 54 | 3,41 | 719,15 | 874 | 850 | 190 | 11,99 | 719,15 |
| 15 | - | 11 | 0,69 | 41,64 | 151 | 60 | 55 | 3,47 | 738,07 | 908 | 886 | 195 | 12,31 | 738,07 |
| 16 | - | 12 | 0,76 | 45,42 | 155 | 63 | 56 | 3,53 | 757,0 | 945 | 921 | 200 | 12,62 | 757,0 |
| 18 | - | 13 | 0,82 | 49,21 | 160 | 66 | 57 | 3,60 | 775,92 | 982 | 956 | 205 | 12,94 | 775,92 |
| 20 | - | 14 | 0,88 | 52,99 | 165 | 69 | 58 | 3,66 | 794,85 | 1018 | 991 | 210 | 13,25 | 794,85 |
| 21 | - | 15 | 0,95 | 56,78 | 170 | 73 | 59 | 3,72 | 813,77 | 1054 | 1026 | 215 | 13,56 | 813,77 |
| 23 | - | 16 | 1,01 | 60,56 | 175 | 76 | 60 | 3,78 | 832,7 | 1091 | 1061 | 220 | 13,88 | 832,7 |
| 24 | - | 17 | 1,07 | 64,35 | 185 | 82 | 62 | 3,91 | 851,62 | 1128 | 1096 | 225 | 14,19 | 851,62 |
| 26 | - | 18 | 1,14 | 68,13 | 195 | 88 | 64 | 4,04 | 870,55 | 1165 | 1131 | 230 | 14,51 | 870,55 |
| 28 | - | 19 | 1,20 | 71,92 | 205 | 95 | 66 | 4,16 | 889,47 | 1202 | 1166 | 235 | 14,82 | 889,47 |
| 30 | - | 20 | 1,26 | 75,7 | 215 | 102 | 68 | 4,29 | 908,4 | 1240 | 1201 | 240 | 15,14 | 908,4 |
| 32 | - | 21 | 1,32 | 79,49 | 225 | 108 | 70 | 4,42 | 927,32 | 1278 | 1236 | 245 | 15,45 | 927,32 |
| 34 | 5 | 22 | 1,39 | 83,27 | 236 | 116 | 72 | 4,54 | 946,25 | 1316 | 1271 | 250 | 15,77 | 946,25 |
| 36 | 6 | 23 | 1,45 | 87,06 | 245 | 124 | 74 | 4,67 | 965,17 | 1354 | 1306 | 255 | 16,08 | 965,17 |
| 39 | 7 | 24 | 1,51 | 90,84 | 254 | 132 | 76 | 4,79 | 984,1 | 1392 | 1341 | 260 | 16,40 | 984,1 |

| Carga. Unidades de aparato (w.s.f.u) | | Demanda, Caudal | | | Carga. Unidades de aparato (w.s.f.u) | | Demanda, Caudal | | | Carga. Unidades de aparato (w.s.f.u) | | Demanda, Caudal | | |
|--------------------------------------|-------------|-----------------|------|--------|--------------------------------------|-------------|-----------------|------|--------|--------------------------------------|-------------|-----------------|-------|--------|
| Tanque | Flujo metro | (gpm) | L/s | L/min | Tanque | Flujo metro | (gpm) | L/s | L/min | Tanque | Flujo metro | (gpm) | L/s | L/min |
| 42 | 8 | 25 | 1,58 | 94,63 | 264 | 140 | 78 | 4,92 | 1286,9 | 2110 | 2110 | 340 | 21,45 | 1286,9 |
| 44 | 9 | 26 | 1,64 | 98,41 | 275 | 148 | 80 | 5,05 | 1324,8 | 2204 | 2204 | 350 | 22,08 | 1324,8 |
| 46 | 10 | 27 | 1,70 | 102,2 | 284 | 158 | 82 | 5,17 | 1362,6 | 2298 | 2298 | 360 | 22,71 | 1362,6 |
| 49 | 11 | 28 | 1,77 | 105,98 | 294 | 168 | 84 | 5,30 | 1400,5 | 2388 | 2388 | 370 | 23,34 | 1400,5 |
| 51 | 12 | 29 | 1,83 | 109,77 | 305 | 176 | 86 | 5,42 | 1438,3 | 2480 | 2480 | 380 | 23,97 | 1438,3 |
| 54 | 13 | 30 | 1,89 | 113,55 | 315 | 186 | 88 | 5,55 | 1476,2 | 2575 | 2575 | 390 | 24,60 | 1476,2 |
| 56 | 14 | 31 | 1,96 | 117,34 | 326 | 195 | 90 | 5,68 | 1514 | 2670 | 2670 | 400 | 25,23 | 1514 |
| 58 | 15 | 32 | 2,02 | 121,12 | 337 | 205 | 92 | 5,80 | 1551,9 | 2765 | 2765 | 410 | 25,86 | 1551,9 |
| 60 | 16 | 33 | 2,08 | 124,91 | 348 | 214 | 94 | 5,93 | 1589,7 | 2862 | 2862 | 420 | 26,49 | 1589,7 |
| 63 | 18 | 34 | 2,14 | 128,69 | 359 | 223 | 96 | 6,06 | 1627,6 | 2960 | 2960 | 430 | 27,12 | 1627,6 |
| 66 | 20 | 35 | 2,21 | 132,48 | 370 | 234 | 98 | 6,18 | 1665,4 | 3060 | 3060 | 440 | 27,76 | 1665,4 |
| 69 | 21 | 36 | 2,27 | 136,26 | 380 | 245 | 100 | 6,31 | 1703,3 | 3150 | 3150 | 450 | 28,39 | 1703,3 |
| 74 | 23 | 37 | 2,33 | 140,05 | 406 | 270 | 105 | 6,62 | 1892,5 | 3320 | 3320 | 500 | 31,54 | 1892,5 |
| 78 | 25 | 38 | 2,40 | 143,83 | 431 | 295 | 110 | 6,94 | 2081,8 | 4070 | 4070 | 550 | 34,69 | 2081,8 |
| 83 | 26 | 39 | 2,46 | 147,62 | 455 | 329 | 115 | 7,25 | 2271 | 4480 | 4480 | 600 | 37,85 | 2271 |
| 86 | 28 | 40 | 2,52 | 151,4 | 479 | 365 | 120 | 7,57 | 2649,5 | 5380 | 5380 | 700 | 44,16 | 2649,5 |
| 90 | 30 | 41 | 2,59 | 155,19 | 506 | 396 | 125 | 7,89 | 3028 | 6280 | 6280 | 800 | 50,46 | 3028 |
| 95 | 31 | 42 | 2,65 | 158,97 | 533 | 430 | 130 | 8,20 | 3406,5 | 7280 | 7280 | 900 | 56,77 | 3406,5 |
| 99 | 33 | 43 | 2,71 | 162,76 | 559 | 460 | 135 | 8,52 | 3785 | 8300 | 8300 | 1000 | 63,08 | 3785 |
| 103 | 35 | 44 | 2,78 | 166,54 | 585 | 490 | 140 | 8,83 | 4068,9 | 9000 | 9000 | 1075 | 67,81 | 4068,9 |

Factor de conversión: 1 L/min = 0,26 galones/min. = 0,06308 L/s

^a El método de Hunter tiene implícito el factor de simultaneidad.

Fuente: Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias

7.3 Volumen de reserva

El volumen de reserva se determinó de acuerdo con el personal máximo esperado laborando en las oficinas de la edificación y el personal de las bodegas del CEDI, el cálculo detallado se muestra en el Anexo 1.

7.4 Sistema de bombeo

El Proyecto estará dotado con un sistema hidroneumático precargado cuya función es mantener presurizada la red y satisfacer el suministro en todo momento.

7.4.1 Calculo de la potencia

La potencia de la bomba se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{\gamma * Qd * Hdt}{75 * E}$$

Donde,

P= Potencia de la bomba, en HP

γ = Peso específico del agua, 1000 Kg/m³

Qd= Caudal de diseño en l/s

E= Eficiencia de la bomba (65-75%).

Hdt= altura dinámica total, en m.

$$Hdt = \frac{Po}{\gamma} + (JL + JK) + \frac{Pl}{\gamma} + Hs$$

Donde,

1. $\frac{Po}{\gamma}$ =Carga piezométrica requerida en la bomba para el grifo más desfavorable, en m. (altura del edificio más altura del aparato más alejado).
2. $(JL + JK)$ = Sumatoria de pérdidas totales en m halladas en el cálculo de la red de abastos.
3. $\frac{Pl}{\gamma}$ =Presión mínima requerida para salida de agua por el aparato más desfavorable, en m.

4. H_s = Altura de succión, en m.

Eficiencia de la bomba del 65%

7.4.2 Cálculo del diámetro de impulsión

Para predefinir el diámetro de la tubería de impulsión se define un diámetro y si la velocidad no se encuentra dentro de los rangos permitidos (1.0 – 3.0 m/s) para líneas de impulsión que son definidos en los parámetros de diseño, el diámetro se cambia a uno en el cual se cumpla estas exigencias.

7.4.3 Cabeza neta de succión positiva (npsH) disponible

La altura neta de succión positiva disponible se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disp} = P_{atm} - H_{es} - h_f - P_v$$

Donde:

P_{atm} : Presión atmosférica en m.c.a. (10,33 m.c.a.)

H_{es} : Altura estática de succión (incluyendo su signo) (m)

h_f : Pérdidas por fricción (m)

P_v : Presión de vapor en m.c.a. (0,43 m.c.a.)

Calculando,

Se recomienda que la altura neta de succión positiva requerida por el fabricante de las bombas debe ser menor que el valor disponible en la instalación en por lo menos un 20%, para las condiciones más adversas de operación. En ningún caso la diferencia puede ser menor que 0.5 m.

7.4.4 Cálculo del hidroacumulador

Para el cálculo se utiliza la siguiente relación.

$$\text{Volumen Hidroacumulador} = 249 \times (10-20)\% \times Q_d(\text{L/s}) / ((1-(P\text{-ON}/P\text{-OFF}))$$

Donde:

Q_d = caudal de diseño (L/s)

$P\text{-ON}$ = Altura Dinámica x 1,42

$P\text{-OF}$ = $P\text{-ON}$ + 20 m.c.a

7.4.5 Recomendaciones de operación y mantenimiento del sistema de bombeo

Los equipos hidroneumáticos salen instalados y calibrados de fábrica después de una correcta instalación, requieren mantenimiento por parte del usuario cualquier mantenimiento o reparación se debe realizar por personal calificado.

Se deben cumplir los requerimientos, recomendaciones y parámetros exigidos por la empresa proveedora del sistema hidroneumático.

Es importante tener cuidados básicos con estos equipos.

- Vigilar periódicamente la corriente eléctrica en cada una de las líneas de alimentación. Verificar el ajuste de corrientes eléctricas, evitar que la humedad y la suciedad lleguen a los componentes eléctricos.
- No operar los equipos con voltajes inferiores a lo permitido.
- Revisar periódicamente para detectar cualquier escape en los sitios de servicio o en la red ya que estos escapes aumentan el número de ciclos del equipo aumentando los costos y la vida útil.
- Los tanques hidro acumuladores salen precargados de fábrica verificar esta precarga cada seis meses.
- Se debe revisar semanalmente la presión del sistema observando las mediciones de los manómetros, revisar que no existan fugas en las tuberías, conexiones y accesorios.
- Cada semana manualmente encienda las motobombas de apoyo por espacio de tres a cinco minutos para evitar la avería de las bombas falta de funcionamiento. Si el equipo no tiene alternación automática, debe alternar las motobombas cada ocho días manualmente.
- Revisar mensualmente las luces indicadoras del tablero; cambiar los bombillos que sean necesarios, se debe verificar que las válvulas de cheque y los manómetros estén trabajando correctamente.

8 SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS

Los sistemas de manejo de aguas lluvias (tuberías, tragantes, canoas, cunetas, etc.) se dimensionan por cálculos hidráulicos partiendo de la estimación de la cantidad de agua que se requiere evacuar; para calcular el caudal de aguas lluvias se parte de la información meteorológica de la zona de estudio o de una con condiciones climatológicas similares en caso de que no se cuente con la específica del sitio.

Para las redes internas, de acuerdo con la NTC 1500 12.6.1 el cálculo debe basarse en el caudal de precipitación por hora de un intervalo de 10 años, por lo tanto, los cálculos se basan en este periodo de retorno y una duración de 10 minutos.

8.1 Estación Meteorológica

Para el proyecto se seleccionó la estación Yolombo con código 2310000010 la cual es la correspondiente al área donde se desarrollará el proyecto.

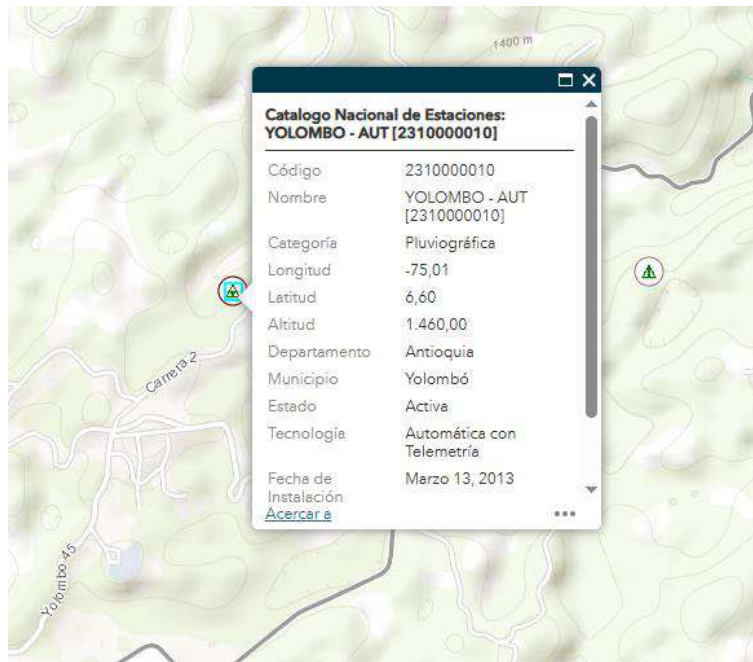


FIGURA 2. Localización Estación Meteorología Yolombó

8.2 Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia

Las curvas de intensidad duración y frecuencia requeridas para diseño de lluvias normalmente se obtienen del IDEAM, de no estar disponibles pueden obtenerse por diferentes métodos a partir de las series de lluvias del área de estudio.

Parámetros hidrológicos

C 3483.1

D 10

H 16
M 0.9946

Con los parámetros descritos, un periodo de retorno de 10 años, y el área del proyecto se determina la intensidad de lluvias para el diseño del proyecto de acuerdo con la siguiente ecuación⁸:

$$i = \frac{C}{(D + H)^M}$$

i = intensidad en mm/h

C= Parámetro hidrológico

D=Duración del evento de lluvia minutos

H= Parámetro hidrológico

M= Parámetro hidrológico

Con los valores de los parámetros anteriores, se obtiene una intensidad de 136.3 mm/h

Una vez obtenida la información de la intensidad se define el diámetro de los bajantes, colectores horizontales y canales de acuerdo con las siguientes tablas de la NTC 1500.

8.2.1 Duración del evento de lluvia

Para estimar la intensidad y por consiguiente el caudal de aguas lluvias, la duración del evento de lluvias hace parte de los parámetros esenciales, esta duración es un parámetro variable que depende de cada evento de lluvia y variables hidrológicas, es claro que a menor duración mayor será la intensidad y por ende el caudal. Para redes externas este valor se limita entre 3 y 10 minutos según el RAS, para redes internas la NTC 1500 estipula 10 minutos, por lo tanto, se adoptan estos parámetros para el diseño.

Para las redes externas la duración del evento de lluvia se tomará igual al tiempo de concentración, lo que permite tener un diseño ajustado a las condiciones más desfavorables la cual se presenta en el momento en el que teóricamente toda el área de drenaje está aportando agua a las estructuras de conducción de las aguas lluvias. Este tiempo se limitará al valor mínimo de 3 minutos y máximo de 10 minutos⁹.

8.3 Caudal de aguas lluvias

Para determinar el caudal se usa el método racional el cual es confiable en cuencas pequeñas, el cual es el caso de los diseños hidrosanitarios y redes externas con áreas de hasta 80 hectáreas, el método se calcula así:

⁸ (Empresas Públicas de Medellín, 2013)

⁹ (Empresas Públicas de Medellín, 2013)

$$Q = C * i * A^{10}$$

Q= Caudal pico de aguas lluvias l/s

I= intensidad de precipitación L/s*ha

A= Área tributaria en ha

C= Coeficiente de escorrentía adimensional.

8.3.1 Determinación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C, es función del tipo del suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y de todos aquellos otros factores que determinan que parte de la precipitación se convierte en escorrentía.

$$C = 0.85 * I + 0.15$$

C= Coeficiente de escorrentía.

I=Coeficiente de impermeabilidad

TABLA 9. COEFICIENTES DE IMPERMEABILIDAD¹¹

| Tipo de superficie | I |
|---|------|
| Cubiertas | 0,90 |
| Pavimentos asfálticos y superficies de concreto | 0,90 |
| Vías adoquinadas | 0,85 |
| Zonas comerciales o industriales | 0,90 |
| Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras | 0,75 |
| Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos | 0,75 |
| Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines | 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 | 0,30 |

Fuente: Norma de diseño de alcantarillado de EPM

^{12 11} (Empresas Públicas de Medellín, 2013)

8.4 Metodología de cálculo

La metodología de cálculo es la siguiente:

1. Se determina el área de la zona que se recogerá.
2. Se estima el caudal que drenará esta área hacia el punto de evacuación respectivo, de acuerdo con la información hidrológica descrita y el método racional (fórmula descrita anteriormente)
3. Se calculan las dimensiones de la estructura necesaria para la evacuación del caudal, cuneta, bajante, tramo horizontal, cárcamo, etc.

Las redes proyectadas cumplen con los parámetros hidráulicos como velocidad, relación de caudales, ect, el procedimiento es exactamente el mismo que para las redes de alcantarillado de aguas residuales descrito en los numerales anteriores.

Los bajantes de aguas lluvias descargarán a la zona verde que rodea la edificación

10 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

10.1 Clasificación del tipo de edificación.

En primer lugar, se debe clasificar la edificación en un grupo que determinará el nivel de riesgo y con base en esto el nivel de protección que deberá contar.

Aunque el centro de distribución prestará servicio a una institución de salud y se encuentre en predio de la misma, la edificación en sí, no presta servicios de salud y adicional a esto se proyecta totalmente separada de las áreas de servicio de salud, por lo que su clasificación es exclusivamente con su destinación, la cual es almacenamiento de medicamentos y materiales de apoyo al hospital.

10.1.1 Grupo de ocupación almacenamiento (A)

Según la NSR10 “En el Subgrupo de Ocupación Almacenamiento de Riesgo Moderado (A-1) se clasifican las edificaciones o espacios utilizados para almacenamiento de materiales que, siendo combustibles, arden con rapidez moderada y no producen gases venenosos ni explosivos.”

En el subgrupo I3, “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 10. NSR 10 K.2.2-1

| | | |
|-----------|-------------|------------------------|
| Papel | Muebles | Cera |
| Vestidos | Maderas | Pieles |
| Zapatos | Linóleo | Establos y galpones |
| Paja | Azúcares | Estacionamientos |
| Cuero | Seda | Talleres mecánicos |
| Cartón | Tabaco | Productos fotográficos |
| Adhesivos | Cigarrillos | Otros similares |
| Cales | Granos | |

De acuerdo a lo anterior se clasifica el proyecto en la categoría **A1**.

10.2 Detección y extinción de incendios

Los requisitos en detección y extinción de incendios se dan acordes con la clasificación realizada en el numeral 10.1, de acuerdo con esto y la última versión de la NSR 10 se define lo siguiente:

10.2.1 Sistemas y equipos para detección y alarma de incendios

La Norma en el numeral J.4.2.1 – define que: Las edificaciones que se clasifiquen en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) deben estar protegida por un sistema detección y alarma de incendio diseñado tomando como referencia la norma NFPA 72:

De acuerdo con lo anterior la edificación deberá contar con sistema de detección y alarma, el cual no hace parte del alcance del presente diseño.

10.2.2 Rociadores automáticos

De acuerdo con la clasificación A1 y la NSR 10 J.4.3.1.1, el edificio no supera los límites establecidos:

- a) No cuenta con más de 3 pisos ni más de 9 metros de altura desde el nivel ingreso hasta la última losa habitada.
- b) Los muros proyectados son en mampostería resistentes al fuego y las áreas de nivel son menores a 1000 m².
- c) El edificio del CEDI se encuentra aislado por muros externos en mampostería resistente al fuego, no se encuentra adosado a ninguna edificación existente contando con espacio de aislamiento hacia los linderos y edificaciones existentes.
- d) El área de construcción es menor a 2200m².
- e) El edificio no es de acceso público.
- f) No se almacenan llantas en el CEDI.
- g) No se trata de una edificación de gran altura.

De acuerdo con lo descrito NO se requiere de la instalación de rociadores automáticos.

10.2.3 Tomas fijas de agua para bomberos

En el numeral J.4.3.1.2 se definen las condiciones que debe poseer el proyecto para requerir o no la protección con tomas fijas de agua para bomberos, "Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) debe estar protegida por un sistema de tomas fijas para bomberos y mangueras para extinción de incendios" de donde se concluye que el CEDI deberá contar con protección mediante tomas fijas y mangueras.

10.2.4 Extintores de fuego portátiles

Toda edificación clasificada en el grupo de ocupación A (Almacenamiento) debe estar protegida por un sistema de extintores portátiles de fuego, diseñados de acuerdo con la última versión de la norma Extintores de fuego portátiles, NTC 2885 y como referencia la Norma de Extintores de fuego Portátiles, NFPA 10.

De acuerdo con lo descrito se propondrá la ubicación y tipos de extintores requerido.

10.3 Parámetros de diseño

Evaluadas las condiciones del proyecto y determinados los requisitos en protección contra incendios, se procede con el diseño de estos.

En el caso de detección de incendios se deberá diseñar un sistema de detección y alarma tomando como referencia la Norma NFPA 72, para la extinción de incendios NTC 1669 y como referencia la Norma NFPA 14, para lo cual se establecen los siguientes principios.

10.3.1 Tipo de sistema requerido

El sistema requerido de acuerdo con la NTC 1669 para proyectos donde el agua no está sometida a congelamiento y de acuerdo con lo especificado en la NSR 10, se plantea un Sistema Húmedo.

10.3.1.1 Nivel de riesgo

El nivel de riesgo se define de acuerdo con la carga combustible que presenta la edificación, uso, materiales de sus espacios, las fuentes de ignición y todo lo relacionado con la posibilidad de que se presente un incendio y la magnitud de este de acuerdo con la liberación de calor que este ocasionaría.

De acuerdo con lo especificado en la NTC 2301 A.5.2 y A.5.3.1 el nivel de riesgo es Ordinario Grupo 1.

El sistema se diseñará hidráulicamente en un software que permita determinar los flujos, presiones, velocidades, pérdidas y todas las características hidráulicas exigidas para estos sistemas, de acuerdo con esto se cumplirá con:

10.4 Tipo de estaciones de mangueras

La NSR 10 no establece explícitamente el tipo de sistema que se debe implementar (manual, automático, húmedo, seco) así mismo tampoco define la clase (clase I, Clase II, Clase III), tampoco es clara en sus definiciones lo que genera controversia entre los profesionales, para el presente proyecto se toman en cuenta como es debido, las aclaraciones al respecto que ha realizado la autoridad (Comisión Asesora Permanente para la NSR 10) por medio de las actas de respuesta de las diferentes consultas que se le han realizado por profesionales del todo el país y las aclaraciones que ellos mismos han planteado en este aspecto.

Toma Fija para bomberos: en el acta 115 la comisión aclara que a la luz de la NSR 10 una toma fija para bombero es lo que se conoce como siamesa, es decir que la red contra incendios planteada en este y cualquier proyecto debe contemplar una siamesa que permita reforzar el sistema propio por medio de los carros de bomberos e hidrantes.

Mangueras de extinción de incendios: en este componente se puede optar por un sistema Clase I, Clase II y Clase III, de acuerdo con **J.2.4.7 para** edificios de gran altura se requiere un sistema Clase I, en este caso la edificación no es de gran altura por lo que se proyecta un sistema Clase II.

10.5 Diámetros mínimos

La red se diseñará hidráulicamente por lo que los diámetros se definirán acorde con los criterios de velocidades de flujo, pérdidas de energía, presiones máximas y mínimas en la red y sus nodos, sin embargo, el diámetro mínimo para las redes principales el diámetro mínimo será de 4”.

10.6 Límites de presión máxima y mínima

Según la NTC 1669 la presión se en un rango entre 100 y 65 PSI en condiciones de operación y como máximo 175 PSI en presión estática, estos valores serán los establecidos como objetivo en el diseño.

10.7 Suministro de agua

De acuerdo con la NTC 1669 numeral 9.3 el abastecimiento de agua deberá tener una duración mínima de 30 minutos

Por lo anterior el **volumen requerido es de 12 m³**, por lo que este, es el almacenamiento mínimo que debería garantizarse.

10.8 Caudal de bombeo

Se diseña un sistema de bombeo que cumpla con los requerimientos de presión y caudal mencionados anteriormente, así mismo se plantearan las válvulas, dispositivos de sensores de flujo, manómetros, siamesa y demás componentes que requiere el sistema.

El caudal de bombeo será de **100 gpm**.

La presión requerida para el sistema de bombeo se determina de la modelación hidráulica.

10.9 Trazados y recorridos

Los recorridos propuestos para las redes serán los óptimos buscando las menores distancias e interferencias con otras redes y afectación de demás sistemas, en el proyecto se plantea que parte de la tubería se instale enterrada de acuerdo con el numeral 6.2 NFPA 14, numeral que remite a la NFPA 24 Numerales 10.1 y 13.2 se podría usar tubería PVC contraincendios o una tubería metálica con la adecuada protección contra la corrosión.

10.10 Cálculos hidráulicos

El sistema de protección contra incendios se calcula hidráulicamente mediante el programa CYPEFIRE Sprinklers el cual es un software creado para realizar el dimensionamiento y diseño de redes hidráulicas de extinción de incendios mediante rociadores y bocas de incendio equipadas, Incluye la aplicación EPANET® (desarrollado por 'Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory') para realizar los cálculos hidráulicos.

10.11 Velocidad de flujo

Las normas NTC y NFPA no restringen la velocidad en redes contraincendios, de acuerdo con NFPA 13 A.22.4.1 No es necesario restringir la velocidad del agua cuando se determinan las pérdidas por fricción por medio de la fórmula Hazen-Williams., sin embargo, velocidades altas generan mayores pérdidas de presión.

Como referencia, de acuerdo con UNE-EN-12845 a un valor máximo en tuberías de hasta 10 m/s y en válvulas de control de 6 m/s, las referencias respecto a la velocidad que se mencionan en las normas NFPA se enfocan al sistema de bombeo donde la velocidad en la succión se limita a 4.57 m/s de acuerdo con NFPA 20 2.9.3, de la misma manera la tubería de descarga se limita 6.2 m/s según A.2.10.3.

De acuerdo a lo anterior la velocidad en la red se limita 6 m/s y en la succión a 4.57 m/s.

10.12 Pérdidas de presión

Las pérdidas por fricción se evalúan con el coeficiente de rugosidad 150 para tuberías plásticas y 130 para tuberías metálicas de acuerdo con la Tabla 8.3.2.3 de la NFPA 14, no se realizan ajustes por desgaste y/o modificación de la rugosidad en el tiempo dado que este no es un requisito normativo y al tratarse de tuberías plásticas no se presentan variaciones representativas en este coeficiente dado el poco uso de estos sistemas y la calidad del agua (sin sedimentos) que se usara en este caso.

En el caso de las pérdidas menores se emplean los coeficientes K de pérdidas menores contemplados en el RAS, estos se introducen al tramo respectivo con lo que el software contempla las pérdidas de energía causadas por estos elementos.

10.13 Consideraciones especiales

Las condiciones anteriores establecidas son las normativas requeridas para la protección de edificio del centro de distribución, no obstante, durante la visita de reconocimiento realizada se pudo establecer lo siguiente:

1. El hospital cuenta con la proyección de una nueva torre, la cual operara completamente independiente del resto del hospital y cuenta con todos los sistemas necesarios para su funcionamiento incluyendo una red contra incendios para sí misma.
2. La edificación del hospital existente no cuenta con un sistema de protección contra incendios, en esta se dispone de dos gabinetes Clase II distribuidos en su área, pero conectados al sistema de acueducto municipal a través de la acometida del hospital, lo que no garantiza la presión, caudal ni disponibilidad del agua para la protección contra incendios.

La condición número 2 identificada representa no solo un evidente incumplimiento de la normativa vigente, sino también un riesgo significativo para la seguridad de los ocupantes del hospital y para la integridad de los bienes e instalaciones que conforman su infraestructura. Esta situación, por su gravedad, requiere una atención prioritaria por parte de la administración del centro de salud.

El presente proyecto constituye una oportunidad especialmente propicia para dar respuesta a esta necesidad crítica, permitiendo no solo corregir la condición identificada, sino también fortalecer la infraestructura del centro de salud en cumplimiento con los estándares normativos y de seguridad requeridos.

De acuerdo con esto, el proyecto se ajusta de la siguiente manera:

10.13.1 Caudal requerido:

La evaluación normativa acorde con la NSR 10, NTC 2301 y NTC 1669, para la edificación existente acorde con su clasificación de institución de salud, de baja altura (un solo nivel), riesgo leve y subdivisión de todos los espacios (diseño por habitación) arroja un resultado preliminar de caudal de rociadores de 150 gpm y chorros de manguera de 100 gpm, por lo que el caudal que se especificara para el sistema será de **250 gpm**, el cual cubre la

necesidad actual del CEDI y la posible necesidad futura del hospital, siendo estas dos edificaciones independientes separadas.

10.13.2 Volumen de almacenamiento requerido

El volumen de almacenamiento requerido para el CEDI únicamente es de 12 m³, mientras contemplando la demanda futura del hospital de 250 gpm x 30 min, sería en total **30 m³**, por lo tanto, este es el almacenamiento que se proyectará.

10.13.3 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo para el edificio del CEDI es de 100 gpm con una presión de 95 PSI, lo que teóricamente requeriría un motor de 15 HP, no obstante, dado que el sistema recomendado y requerido para garantizar la confiabilidad, es diésel, (por posibles cortes en el fluido eléctrico, se recomienda diésel) las potencias de estos no suelen ser bajar y el mínimo comercial ronda los 30 HP.

La capacidad estimada para cubrir las necesidades del hospital es de 250 gpm y 95 PSI, lo que incrementa el requerimiento del motor hasta aproximadamente 40 HP, este valor sumado a lo aclarado en el párrafo anterior permite concluir de manera enfática, que el sistema de bombeo debe ser diésel con la capacidad para la conexión futura del hospital existente.

Se recomienda bombeo diésel de 250 gpm a 95 PSI.

La evaluación de estos requerimientos se muestra en los anexos.

10.14 Resultados

Se diseñó un sistema que cumple con los requerimientos de presión y caudal mencionados anteriormente, así mismo se plantearan las válvulas, dispositivos de sensores de flujo, manómetros, siamesa y demás componentes que requiere el sistema.

Los resultados de los cálculos realizados se muestran en los anexos, en todos los nodos y tuberías se cumplen los criterios de velocidades máximas, mínimas y velocidad para cada uno de los momentos de operación del sistema.

11 RESULTADOS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la descripción de la metodología de cálculo explicada en los numerales anteriores, los resultados detallados se mostrarán en los respectivos anexos, a continuación, se describen algunas condiciones particulares del proyecto y consideraciones al respecto.

Los cálculos se realizaron con los diámetros reales de la tubería para los RDE correspondientes y especificados en las respectivas memorias, de acuerdo con la metodología descrita se calculó para cada tramo el caudal, velocidad y pérdidas de presión, en todos los casos se cumplieron las consideraciones de velocidad mínima y máxima, así como el mantener las pérdidas en un margen aceptable para no requerir de altas potencias en los sistemas de bombeo.

La red de desagües se calculó de acuerdo con el procedimiento descrito, los trazados y cambios de dirección se condicionan por las interferencias con la estructura y otras redes, motivo por el cual fue necesario realizar desvíos de las tuberías en varios casos.

La red se ventilo de forma que todos los sifones de piso y aparatos más susceptibles de sifonarse quedaran protegidos del sifonamiento garantizando así que no se presenten malos olores.

La red de evacuación de aguas lluvias se calculó con los parámetros hidrológicos de la estación Yolombo, se tuvieron en cuenta todas las áreas de cubierta de acuerdo con la propuesta arquitectónica y ubicación de bajantes, los cuales descargarán a la zona verde que rodea la edificación.

De acuerdo con los parámetros anteriormente descritos el diseño cumple con los lineamientos normativos y necesidades específicas del proyecto.

Las redes deben ser construidas por personal con el conocimiento y experiencia adecuado en redes hidráulicas, deberán ser probadas

12 BIBLIOGRAFÍA

- Carmona, R. P. (2010). *Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones* (Sexta ed.). Santa Fe de Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2003). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE TRAMPA DE GRASA*. Lima, Perú: Organización Panamericana de la Salud.
- Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Bogotá D.C: Mc GRAW HILL.
- Empresas Públicas de Medellín. (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E.S.P.* Medellín, Colombia: EPM.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC. (2017). *Código colombiano de instalaciones hidráulicas y sanitarias-NTC 1500*. Santa Fe de Bogotá: ICONTEC.
- Melguizo, S. (1991). *Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abastos en las edificaciones*. Medellín: Centro de Publicaciones Univesidad Naciona.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS*. Santa Fe de Bogotá, Colombia: Ministerio de Vivienda.
- Rodríguez Díaz, H. A. (2010). *Diseño de Instalaciones Hidrosanitarias y de Gas para Edificaciones*. Bogota D.C: Grupo Editar Universidad Católica de Bogota.
- Saldarriaga, J. (2007). *Hidráulica de Tuberías*. Bogotá D.C: Alfaomega Colombiana S.A.

ANEXOS

Anexo 1 Cálculo Red Interna de Abastos

Anexo 2 Equipo de Bombeo Red de Abastos

Anexo 3 Cálculo Red Interna de Lluvias

Anexo 4 Cálculo Red Interna de Residuales

Anexo 5 Memorias Red Contra Incendios Escenario CEDI

Anexo 6 Memorias Red Contra Incendios Escenario Hospital