

1.- ANTECEDENTES

En la actualidad por la elevada demanda de agua potable se deben utilizar sistemas indirectos sin bombeo, indirectos con bombeo para abastecer de agua potable a las viviendas multifamiliares o edificaciones, esto debido a que la presión en la red principal disminuye en el transcurso del día, por consiguiente se disminuye el caudal.

Por lo que es necesario realizar diseño de instalaciones para el abastecimiento de agua potable en las viviendas multifamiliares o edificaciones garantizando el funcionamiento de los artefactos sanitarios.

En caso de tener un sistema directo de abastecimiento de agua potable se corre el riesgo en los momentos de mayor demanda obtener caudales mínimos o no se obtenga caudal en los artefactos sanitarios en las plantas de mayor elevación donde no llega la presión de la red principal.

Se deben realizar el diseño de la evacuación de aguas para el drenaje sanitario bien ventiladas evitando taponamientos por presiones negativas o de succión y malos olores que se despiden en los artefactos sanitarios.

También se debe realizar el diseño del drenaje pluvial, esto debido a que las precipitaciones son variables en cada zona y para evitar inundaciones que puedan dañar el acabado y obra fina en la edificación.

1.1.- El problema

1.1.1.- Planteamiento

La problemática radica en que las viviendas multifamiliares al no tener un diseño previo de las instalaciones sanitarias, puede ocurrir por una parte el sobredimensionamiento de las secciones de tuberías incrementando el presupuesto de la instalación; caso contrario instalación de dimensiones mínimas de las secciones de tuberías provocando la disminución de la presión de agua ocasionando una menor oferta en el caudal que llega a los artefactos sanitarios en el momento que estos sean utilizados y en la evacuación de aguas residuales y pluviales ineficientes, cuando al trabajar a su máxima capacidad puedan provocar inundaciones que dañan la estructura del edificio, e incomodando a las personas que habitan en el mismo y a terceros.

1.1.2.- Formulación

¿Qué beneficios conlleva la realización del diseño de un sistema de instalaciones sanitarias para una vivienda multifamiliar en el Barrio San Luis?

La realización del diseño de un sistema de instalaciones sanitarias para una vivienda multifamiliar en el barrio San Luis es necesario para un buen funcionamiento y confort en la utilización de los artefactos sanitarios por parte de las personas que habitan en la vivienda durante el periodo de vida útil del proyecto y en el tema económico se realizará una inversión sabia al momento de ejecutar la instalación.

1.1.3.- Sistematización

¿Qué inconvenientes conlleva la falta del diseño de un sistema de instalaciones sanitarias en la vivienda multifamiliar en el barrio San Luis?

¿De qué forma afecta la ineficiencia en el abastecimiento de agua potable en la vivienda multifamiliar?

¿Qué problemas conlleva al no tener adecuado sistema de evacuación de aguas residuales y pluviales en la vivienda multifamiliar?

1.2.- Objetivos

La propuesta de proyecto de ingeniería civil tiene los siguientes objetivos:

1.2.1.- Objetivo general

Realizar el diseño de un sistema de “instalaciones sanitarias” para la vivienda multifamiliar, cumpliendo con los requisitos técnicos de la norma vigente “RENISDA”, seguridad y economía, además crear un programa informático para el cálculo de las instalaciones sanitarias en viviendas o edificaciones.

1.2.2.- Objetivos específicos

Como objetivos específicos se tienen los siguientes:

- Plantear y garantizar el servicio de suministro de agua potable fría y caliente en todos los artefactos sanitarios cumpliendo con las presiones mínimas y caudales establecidos en la norma RENISDA.

- Suministrar de agua potable para la vivienda multifamiliar con el sistema indirecto con bombeo.
- Establecer las dimensiones del tanque cisterna y elevado para el almacenamiento de agua potable.
- Determinar la potencia de la bomba para la alimentación del tanque elevado.
- Indicar la capacidad de los calefones por planta para la dotación de agua caliente en la edificación.
- Proponer el diseño y funcionamiento hidráulico de la tubería auxiliar para el abastecimiento de agua potable.
- Efectuar el diseño del sistema de evacuación para el drenaje sanitario y pluvial.
- Definir alternativas de solución para el sistema de instalaciones sanitarias.
- Seleccionar la alternativa para el sistema de instalaciones sanitarias que se ejecutará en la vivienda multifamiliar.
- Crear el programa informático nombrado SIS-AGUA para optimizar los cálculos de las instalaciones sanitarias en viviendas multifamiliares.

1.3.- Justificación

La justificación de la propuesta de proyecto viene dada por las siguientes razones:

1.3.1.- Académica

La realización del proyecto permite al estudiante profundizar los conocimientos adquiridos durante su carrera, logrando desarrollar habilidades en el diseño de instalaciones sanitarias en viviendas multifamiliares, así como también en el desarrollo de propuestas en beneficio de la sociedad.

1.3.2.- Técnica

Realizar el “Diseño de un sistema de instalaciones sanitarias para una vivienda multifamiliar”, determinando la mejor ubicación de los componentes del sistema en función de la presión requerida por los artefactos, buscando que el sistema sea de confort para las personas, además técnica y económicamente factible para su ejecución.

1.3.3.- Social

La concretización del proyecto planteado en la presente propuesta permitirá brindarles el confort y seguridad a las personas que habitan la vivienda multifamiliar, ofertando mayor

caudal que lo demandado para el buen funcionamiento de los artefactos sanitarios cuando estos sean utilizados, como también un eficiente sistema de evacuación de aguas pluviales y residuales.

1.3.4.- Institucional

El proyecto de tesis tiene como finalidad proponer un diseño de un sistema de instalaciones sanitarias para la vivienda multifamiliar que se ajuste a la normativa vigente (RENISDA), de esa manera estar de acorde con el confort de la sociedad que habitan en el barrio San Luis.

1.4.- Alcance del proyecto

De acuerdo a la información preliminar investigada que es descrito en el CAPITULO III “INGENIERIA DEL PROYECTO” se desarrolla, un análisis de 3 alternativas técnico-económico del sistema de instalaciones sanitarias en base a la normativa vigente del RENISDA, seleccionando la alternativa más viable para la vivienda multifamiliar.

Crear un programa informático utilizando el lenguaje de programación “JAVA”, para el diseño de las instalaciones sanitarias en viviendas o edificaciones con el nombre de SIS-AGUA.

1.4.1.- Análisis de alternativas del sistema de instalaciones sanitarias

Para el análisis de alternativas se deberá recopilar la siguiente información:

- Levantamiento topográfico, planos de curvas de nivel del lugar de emplazamiento.
- Ubicación de la red principal de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial.
- Presión disponible en la red principal de agua potable.
- Diseño arquitectónico, con planos amoblados, planos acotados, cortes y fachadas.

Adquiriendo conocimiento de la información necesaria se procede a realizará el análisis de las alternativas planteadas, de manera que la alternativa que mejor se ajuste a los términos de confort, aspectos técnicos y económicos, será la opción a ejecutar para la vivienda multifamiliar.

1.4.2.- Resultados a lograr

Para cada alternativa planteada se realizara el diseño de acuerdo al reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias RENISDA, siendo los mismos:

1. Diseño de la instalación de agua potable.
 - ✓ Sistema de abastecimiento indirecto con bombeo y mixto.
 - ✓ Dimensionamiento de columnas, montantes y ramales para la conducción del agua potable hacia los artefactos sanitarios.
 - ✓ Aplicación de tuberías PVC para el diseño.
2. Diseño de la instalación de agua caliente.
 - ✓ Capacidad de los calefones para el abastecimiento de agua caliente por piso en la vivienda multifamiliar.
 - ✓ Diseño de las tuberías de distribución para el agua caliente.
 - ✓ Se aplicaran tuberías con material que soporte las temperaturas requeridas por los artefactos sanitarios.
3. Diseño de la instalación de aguas residuales.
 - ✓ Diseño de los ramales de descarga y ramales sanitarios.
 - ✓ Bajantes sanitarios.
 - ✓ Colectores sanitarios.
 - ✓ Cajas interceptoras.
 - ✓ Tuberías de ventilación.
 - ✓ Cámaras de inspección.
 - ✓ Colectores de evacuación hacia la red principal.
4. Diseño de las instalaciones de aguas pluviales.
 - ✓ Sumideros de piso.
 - ✓ Canaletas.
 - ✓ Bajantes pluviales.
 - ✓ Colectores pluviales.
 - ✓ Cámaras de inspección.
5. Especificaciones técnicas.
6. Cálculos métricos, precios unitarios y presupuesto en general.
7. Cronograma de ejecución.
8. Planos del sistema de instalaciones sanitarias.

1.5.- Localización

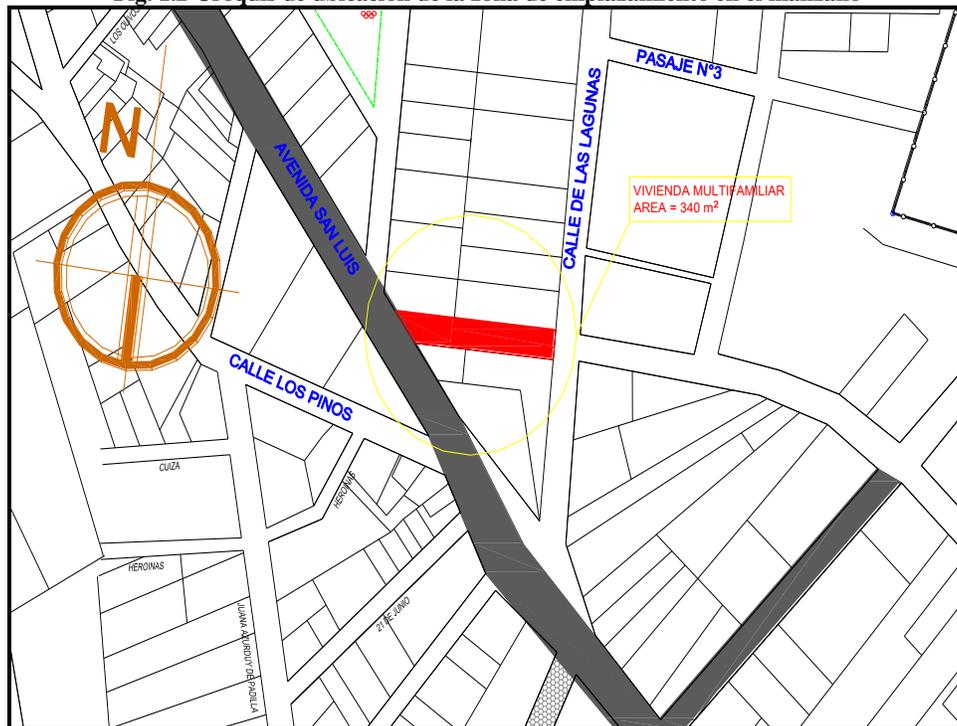
El área de emplazamiento del proyecto se haya ubicado en el barrio San Luis según la **Figura 1.1 y 1.2**, en la ciudad de Tarija ubicado al sur de Bolivia, entre la avenida San Luis y la calle de las lagunas.

Fig. 1.1 Vista satelital de la ubicación de la vivienda multifamiliar “Barrio San Luis”



Fuente: Vista satelital de Google Earth

Fig. 1.2 Croquis de ubicación de la zona de emplazamiento en el manzano



Fuente: Elaboración propia

2.- MARCO TEÓRICO

2.1.- Introducción

En la actualidad en toda construcción de edificaciones, uno de los aspectos más importantes de las instalaciones es el buen funcionamiento en el uso diario, debido a que satisfacen las necesidades básicas del ser humano, como lo son las instalaciones sanitarias.

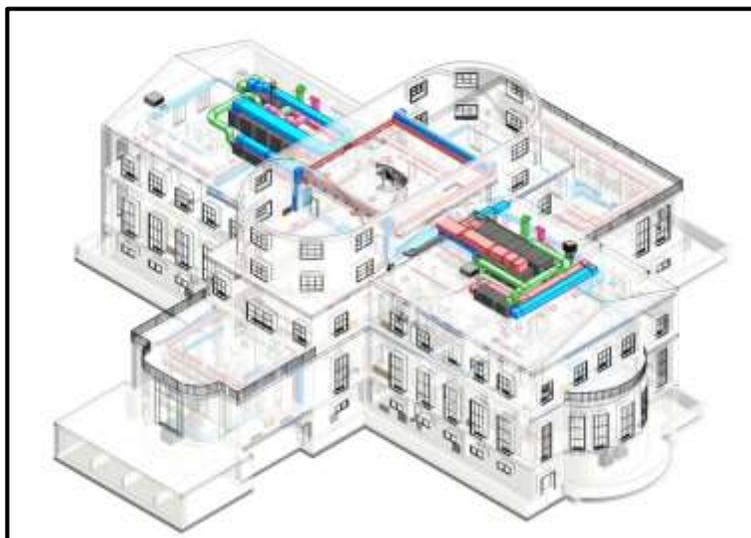
El fin de las instalaciones de agua potable es la de aportar y distribuir el agua a los puntos de consumo dentro de las edificaciones, otra de sus funciones es la de alimentar el sistema de calentamiento de agua para usos sanitarios. A partir del punto donde se prepara agua caliente, hay también una red paralela y de características semejantes a la de agua fría, para la distribución de agua caliente.

Las instalaciones del tipo drenaje y pluvial, tienen por objeto retirar de las construcciones en forma segura, las aguas negras y de lluvia, además de establecer obturaciones o trampas hidráulicas, para evitar que los gases y malos olores producidos por la descomposición de las materias orgánicas acarreadas, salgan por donde se usan los artefactos sanitarios.

Las instalaciones sanitarias estudiadas en este caso son del tipo domiciliario, donde se consideran los aparatos sanitarios de uso privado y público. Estas instalaciones básicamente deben cumplir con las exigencias de habitabilidad, funcionabilidad, durabilidad y economía en toda la vivienda.

El trabajo se basa en el método más utilizado para el cálculo de las redes de distribución de agua, que es el denominado método de los gastos probables, creado por Roy B. Hunter, que consiste en asegurar cada aparato sanitario un número de unidades de

Fig. 2.1 Instalaciones sanitarias domiciliarias



gasto determinados experimentalmente.
Mep” instalaciones

Fuente: Programa “Revit

2.2.- Válvulas

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en las instalaciones sanitarias. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar el agua potable.

Tabla 2.1. Válvulas

Tipo de válvula	Descripción	Figura
Válvula o llave de paso globo	Estas válvulas generalmente se los utiliza en el tramo del medidor hacia la válvula flotador del tanque cisterna, para regular el caudal de ingreso.	
Válvula compuerta	Las válvulas compuerta se los utiliza lo más próximo al punto de ingreso del ramal domiciliario ubicado al interior del inmueble.	
Válvula de flotador – mecánico	Mantiene relativamente un nivel constante en tanques de reserva admitiendo flujo de entrada hacia el tanque en proporción directa al flujo de salida al sistema.	
Válvula de flotador - eléctrico	Es una válvula de control de operación hidráulica, accionada por diafragma y de cámara doble que controla el llenado de depósitos.	
Válvula antiretorno – Check	Son ampliamente utilizadas en tuberías conectadas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete, principalmente en la línea de descarga de la bomba.	
Válvula o llave de paso	Se utiliza en el tramo de tubería compuesto por un hidrómetro, en ramales de agua para un grupo de artefactos sanitarios o de cada artefacto sanitario.	
Válvula o llave de paso de bola	La válvula o llave de paso bola se los utiliza lo más próximo al punto de ingreso del ramal domiciliario ubicado al interior del inmueble.	

<p>Válvula reductora de presión</p>	<p>Las válvulas reductoras de presión se utilizan cuando la presión es variable y elevada en un sistema directo o indirecto en el tramo del medidor.</p>	
--	--	---

Fuente: RENISDA

2.3.- Artefactos sanitarios

Todo artefacto sanitario que sea comercializado o fabricado deberá cumplir con los requisitos de uso eficiente y bajo consumo de agua.

Tabla 2.2. Artefactos sanitarios

Artefacto sanitario	Descripción	Figura
<p>Inodoro con tanque de gravedad</p>	<p>La distancia estándar de la tubería para el abastecimiento de agua potable con respecto al nivel del piso terminado para la conexión es de 0,25 m.</p>	
<p>Inodoro con válvula de descarga</p>	<p>Para un inodoro con válvula de descarga la distancia estándar de la tubería vertical con respecto al nivel del piso terminado es de 0,34 m y la ubicación de la válvula de descarga a 1,10 m.</p>	
<p>Urinario</p>	<p>La alimentación de agua para el urinario con respecto al nivel del piso terminado es de 1,20 m y la distancia vertical de la tubería para la evacuación de aguas negras es de 0,50 m.</p>	
<p>Lavamanos – Lavatorios</p>	<p>La distancia estándar vertical de la tubería para la alimentación de agua para el lavamanos con respecto al nivel del piso terminado es de 0,75 m y para la evacuación de aguas grises es de 0,45 m.</p>	
<p>Tina de baño, hidromasajes</p>	<p>La distancia estándar vertical de la tubería para la alimentación de agua para la tina de baño, hidromasajes con respecto al nivel del piso terminado es de 0,50 m y para la evacuación de aguas grises es de 0,20 m.</p>	
<p>Ducha</p>	<p>La elevación vertical de la tubería para el abastecimiento de agua hacia la ducha con respecto al nivel del piso terminado es de 2,10 m y la llave de paso a 1,10 m.</p>	
	<p>La alimentación de agua para el lavaplatos con respecto al nivel del piso terminado es de</p>	

Lavaplatos, lavandería, pileta de servicio	0,75 m y para la evacuación de aguas grises es de 0,45 m.	
Máquina de lavar ropa	La distancia estándar vertical de la tubería para la alimentación de agua para máquinas de lavar ropa con respecto al nivel del piso terminado es de 0,75 m y para la evacuación de aguas grises es de 0,75m.	

Fuente: RENISDA

2.4.- Materiales y accesorios utilizados para las instalaciones sanitarias

Tabla 2.3. Tuberías y accesorios

Tuberías	Material	Figura
	Tuberías plásticas (PVC)	
Tuberías y accesorios de agua potable fría	Hierro galvanizado	
	Cobre	
Tuberías y accesorios de agua potable caliente	Tuberías PVC, tipo Polipropileno, sistema termofusión	
Tuberías y accesorios de evacuación de aguas	Tuberías plásticas (PVC)	

residuales y drenaje pluvial		
	Tuberías de hormigón	

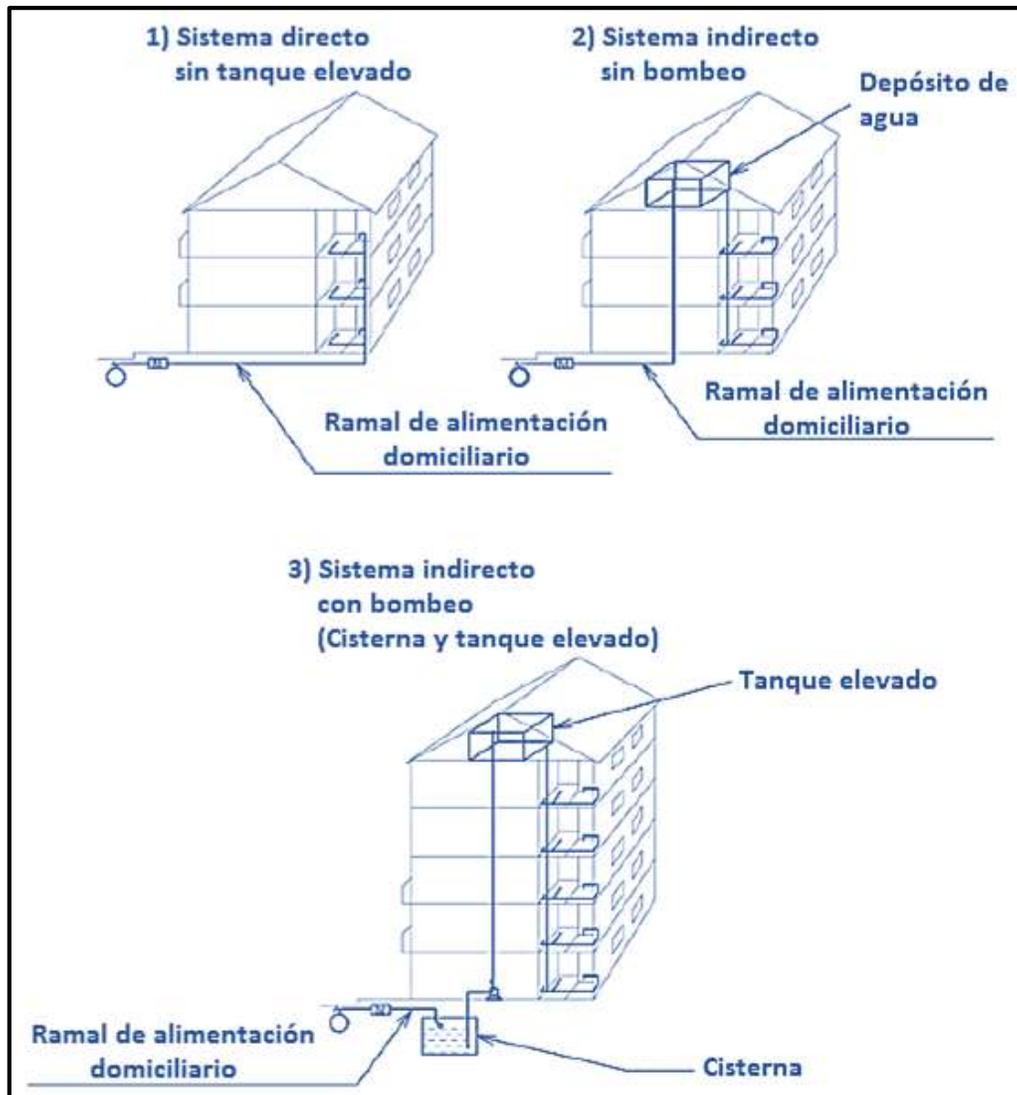
Fuente: RENISDA

2.5.- Instalaciones de agua potable

2.5.1.- Sistemas domiciliarios de abastecimiento de agua potable

Toda instalación domiciliaria de agua potable comprende un sistema constituido por: la conexión domiciliaria o ramal externo, el ramal de alimentación domiciliar, el almacenamiento, si corresponde y la red de distribución hacia los puntos de consumo o de utilización, (ver Fig. 2.2).

Fig. 2.2 Sistemas domiciliarios de abastecimiento de agua potable



Fuente: RENISDA

El sistema domiciliario de abastecimiento de agua potable podrá ser directo, indirecto o mixto. La selección de uno de estos sistemas deberá cumplir con las especificaciones del reglamento RENISDA.

2.5.2.- Dotación de agua

Para el cálculo del consumo diario en viviendas o edificios multifamiliares, se deberá determinar en primer lugar, la tasa de ocupación de los mismos. El número de habitantes por inmueble se define tomando en cuenta el tamaño y el número de dormitorios (social y de servicio) comprendidos en el diseño arquitectónico y/o tomando en cuenta las normas de edificación y construcción que establecen una tasa de ocupación máxima por dormitorio.

En general, se recomienda aplicar una tasa de ocupación de dos personas para dormitorios de tipo social y una persona para dormitorios de servicio.

La tasa de ocupación en edificios de oficinas, comercio, etc. es determinada por la normativa de construcción y/o edificación vigente. La Tabla 2.4.detalla valores de referencia de los locales comerciales y de oficinas más corrientes.

Tabla 2.4. Tasa de ocupación de edificios públicos y privados

Local	Tasa de ocupación
Bancos	1 persona/5,0 m2
Oficinas	1 persona/6,0 m2
Locales comerciales planta baja	1 persona/2,5 m2
locales comerciales pisos superiores	1 persona/5,0 m2
Museos y bibliotecas	1 persona/5,5 m2
Shopping center	1 persona/5,0 m2
Salas de hoteles	1 persona/5,5 m2
Restaurantes	1 persona/1,5 m2
Supermercados	1 persona/2,5 m2
Teatros, cines, auditorios	1 silla/0,70 m2

Fuente: RENISDA

La dotación per cápita neta, es el consumo medio diario que se le asigna a un habitante / usuario de un inmueble, para satisfacer sus necesidades domesticas de bebida, alimentación, lavado de ropa, lavado de utensilios, aseo (personal y vivienda). Esta dotación se determinará mediante:

- Análisis de consumo de la Entidad Competente que deberá elaborar una dotación característica de acuerdo a las condiciones locales. Esta información deberá ser proporcionada al proyectista o usuario que lo solicite, la dotación per cápita se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Dotaciones per cápita para vivienda urbana. Valores referenciales

Región	Altitud media m.s.n.m.	Precipitación media anual (mm)	Temp. Media (°C)	Tamaño de localidad dotación (L/hab*día)			
				Menor	Intermedia	Mayor	Metropolitana
Altiplano	3600 - 4000	402	11	70 - 80	80 - 100	80 - 100	80 - 120
Valles	500 - 3600	496	16	70 - 100			
Llanos	100 - 500	1167	27,5			100 - 120	100 - 150

Ciudades Menores: 2 000 - 10 000 hab.

Ciudades Mayores: 100 000 - 500 000 hab.

Ciudades Metropolitanas: > 500 000 hab.

Ciudades Intermedias: 10 000 - 100 000 hab.

Fuente: RENISDA

- Para la determinación en del consumo diario en locales comerciales, públicos, servicios de salud, servicios educativos, comunitarios recreativos, institucionales y otros no contemplados. La Tabla 2.6., indica valores referenciales para la estimación de algunos consumos típicos con base a la experiencia internacional y nacional.

Tabla 2.6. Cuadro de dotaciones comerciales, publicas. Valores referenciales

Tipo de inmueble/Utilización	Dotación
Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado externo	50 L/alumno*día
Centros educativos, escuelas, colegios, universidades y otros similares, alumnado interno	120 L/alumno*día
Edificios de oficinas, personal	50 L/persona. día o 6,0 L/m2.día
Parqueos sin lavado de automóviles	2 L/m2.día
Centros de salud, hospitales, clínicas, personal médico, paramédico	50 L/persona. día
Centros de salud, hospitales, clínicas, internos	400 - 600 L/cama. día
Centros de salud, hospitales, clínicas, personal de oficinas, visitas	20 L/persona. día
Locales industriales, dotación por operario o personal de oficinas	50 L/persona. día
Locales comerciales, mercados, supermercados, empleados	50 L/empleado. día
Locales comerciales, uso general	5 L/m2.día
Riego de jardines	2 L/m2.día
Mercados, supermercados	10 L/m2.día
Restaurantes, bares y similares	20 L/m2.día
Salas de espectáculos sin considerar equipos de acondicionamiento de aire	25 L/butaca. día
Coliseos, gimnasios, locales deportivos	1 L/espectador. día
Regimientos y cuarteles	120 L/persona. día
Hoteles y similares	100 - 200 L/cama. día

Fuente: RENISDA

2.5.3.- Tanques de almacenamiento

2.5.3.1.- Sistema indirecto sin bombeo

- Este sistema consta de un ramal de alimentación domiciliar que alimenta un tanque elevado. La tubería de ingreso al tanque elevado está provista de una válvula de

flotador. En este caso, la energía de impulsión al tanque elevado es provista por la red pública de agua potable.

- El volumen de almacenamiento no deberá ser en ningún caso inferior al consumo diario del inmueble, ni menor a 500 L. Se podrá aplicar la siguiente fórmula:


$$V_T = C_D + V_{CI} + V_{OU}$$

Donde:

V_T = Volumen útil del tanque en L.

C_D = Consumo diario en L.

V_{CI} = Volumen contra incendios en L.

V_{OU} = Volumen de otros usos en L.; enfriamiento de aire acondicionado, etc.

- En casos excepcionales, en áreas o centros urbanos donde el servicio es discontinuo o restringido, o para el caso de cortes programados, el volumen útil del tanque de almacenamiento se podrá determinar considerando el número de días carentes de servicio para un tiempo no mayor a dos días. En ningún caso, el volumen será inferior al consumo diario del inmueble, ni menor a 500 L. Para el cálculo del volumen útil se podrá emplear la siguiente fórmula:


$$V_T = N_D * C_D + V_{CI} + V_{OU}$$

Donde:

V_T = Volumen útil del tanque en L.

C_D = Consumo diario en L.

N_D = Número de días sin servicio público no mayor a 2 días.

V_{CI} = Volumen contra incendios en L.

V_{OU} = Volumen de otros usos en L.; enfriamiento de aire acondicionado, etc.

- En función a la región (Altiplano, Valles, Llanos), al tamaño de la localidad y del inmueble, se deberá considerar un volumen adicional de reserva contra incendios y otros usos.

2.5.3.2.- Ramal de alimentación domiciliaria al tanque elevado

La tubería de alimentación desde el abastecimiento público hasta el tanque elevado deberá calcularse para suministrar el consumo diario en un tiempo no mayor a seis horas. En sistemas de abastecimiento de agua con servicio discontinuo se tomará en cuenta la

disponibilidad de horas del servicio público, por lo cual el tiempo de llenado del tanque podrá ser menor a las seis horas. El caudal de diseño podrá calcularse por la siguiente expresión:

$$\longrightarrow \boxed{Q_D = \frac{C_D}{T * 3600}} \longrightarrow \boxed{D = \sqrt{\frac{4 * Q_D}{1000 * \pi * V}}}$$

Donde:

Q_D = Caudal de diseño en L/s.

C_D = Volumen de consumo diario en L.

T = Tiempo de llenado del tanque en h, no mayor a 6.

D = Diámetro en m.

V = Velocidad del flujo en m/s.

El diámetro del ramal domiciliario deberá diseñarse considerando la carga hidráulica disponible en la red pública, garantizando un gradiente hidráulico que permita una presión de salida en la válvula de control del tanque de al menos **1,0 mca** y una velocidad de flujo que cumpla con la condición **$0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 1 \text{ m/s}$** .

2.5.3.3.- Sistema indirecto con bombeo

- Este sistema consta de un ramal de alimentación domiciliaria, un tanque cisterna, una instalación de bombeo y un tanque elevado. El equipo de bombeo deberá estar provisto de un sistema eléctrico de control automático de niveles de operación (parada y arranque). El ramal domiciliario debe estar provisto de una válvula de flotador en la tubería de ingreso al tanque cisterna.
- Para la determinación del ramal de alimentación domiciliaria al tanque cisterna, se podrán aplicar las fórmulas indicadas en el párrafo 2.5.3.2.
- Los volúmenes de almacenamiento serán establecidos en función del consumo diario (C_D) y de las necesidades de reserva contra incendios (V_{CI}) y para otros usos, como aire acondicionado (V_{AC}).
- Como Volumen útil de almacenamiento se aceptará al menos un Volumen igual al consumo diario distribuido **60% (3/5) en el tanque cisterna** y **40% (2/5) en el tanque elevado**. Los volúmenes se podrán calcular por las siguientes expresiones:

$$\longrightarrow \boxed{V_{TC} = 0,6 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,6}$$



$$V_{TE} = 0,4 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,4$$

Donde:

V_{TC} = Volumen tanque cisterna en L.

V_{TE} = Volumen tanque elevado en L.

C_D = Consumo diario en L.

V_{CI} = Volumen contra incendios en L.

V_{OU} = Volumen de otros usos en L.; enfriamiento de aire acondicionado, etc.

- En casos excepcionales, en áreas o centros urbanos donde el servicio es discontinuo, o para el caso de cortes de servicios programados, el Volumen de almacenamiento podrá considerar el número de días carentes de servicio, no mayor a dos días, distribuido 60% (3/5) en el tanque cisterna y 40% (2/5) en el tanque elevado. Los volúmenes podrán calcularse por las siguientes expresiones:



$$V_{TC} = N_D * 0,6 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,6$$



$$V_{TE} = N_D * 0,4 * C_D + (V_{CI} + V_{OU}) * 0,4$$

Donde:

V_{TC} = Volumen tanque cisterna en L.

V_{TE} = Volumen tanque elevado en L.

C_D = Consumo diario en L.

N_D = Número de días sin servicio público no mayor a 2 días.

V_{CI} = Volumen contra incendios en L.

V_{OU} = Volumen de otros usos en L.; enfriamiento de aire acondicionado, etc.

- En función a la región (Altiplano, Valles, Llanos), al tamaño de la localidad y del inmueble, se deberá considerar un volumen adicional de reserva contra incendios y otros usos.

2.5.3.4.- Tuberías de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y distribución

- Todo tanque de almacenamiento además de las tuberías de ingreso, succión y/o distribución, deberá contar con una tubería de rebose, una de limpieza y otra de ventilación (ver Figura 2.3).
- Los dispositivos de control (válvulas) así como las tuberías de rebose, limpieza, ventilación, ingreso, salida o distribución, deberán ser de fácil accesibilidad de manera que garanticen su operación y mantenimiento.

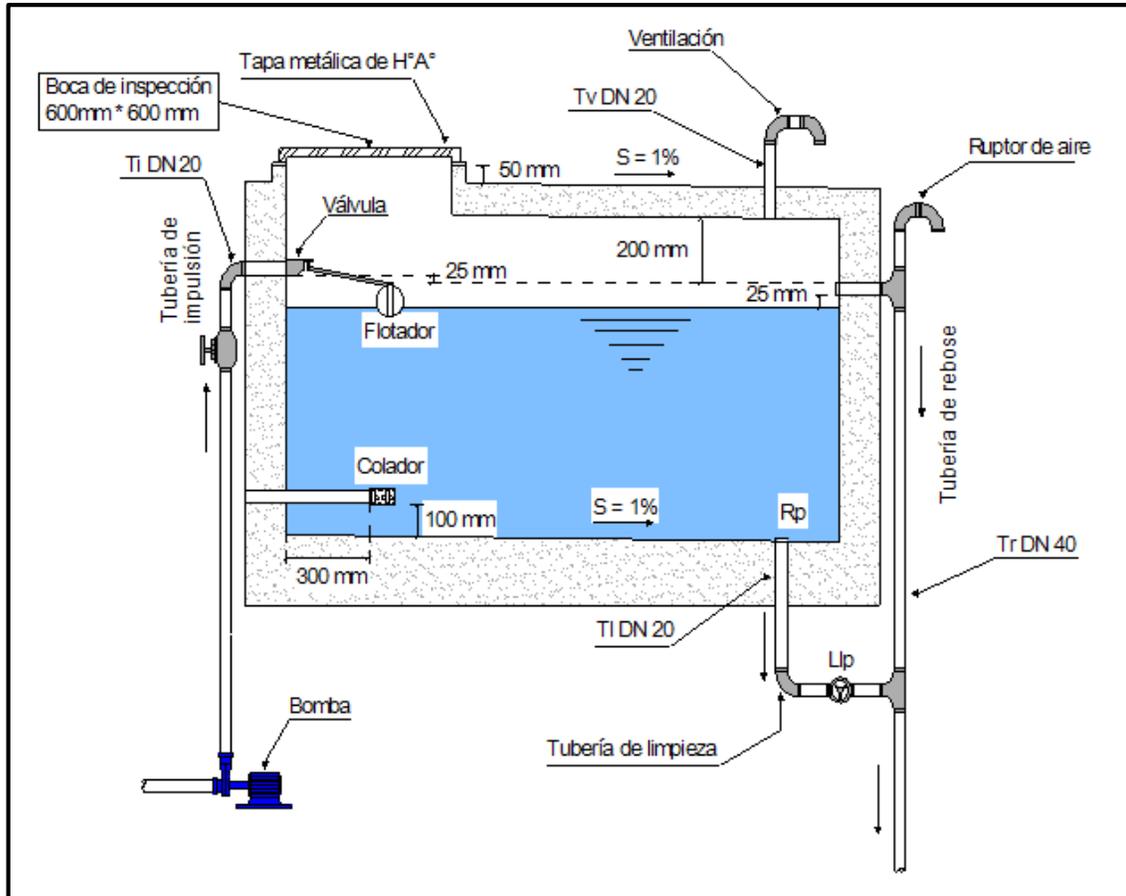
2.5.3.5.- Tubería de ingreso o alimentación

- Toda tubería de ingreso deberá contar con una válvula de control de flujo tipo flotador mecánico o dispositivo equivalente (flotador eléctrico).
- Todo flotador deberá estar rígidamente fijado en la tubería y/o pared del tanque, de modo que el cierre o parada de los equipos de bombeo se produzcan cuando el nivel máximo de aguas se encuentre a una distancia no menor a **25 mm** con relación a la generatriz inferior de la tubería de rebose.
- Toda tubería de ingreso deberá estar situada a una distancia mayor o igual a **25 mm**, medida como la distancia entre la generatriz inferior de la tubería de ingreso y la generatriz superior de la tubería de rebose, (ver Fig. 2.3).

2.5.3.6.- Tubería de rebose

- Toda tubería de rebose deberá ser capaz de evacuar el máximo caudal de ingreso sin comprometer el ruptor de aire. El diámetro de la **tubería de rebose** no deberá ser inferior a **40 mm** de acuerdo a la Tabla 2.7.
- La descarga o drenaje de la tubería de rebose deberá realizarse considerando un dispositivo o mecanismo ruptor de aire antes de descargar al sistema de drenaje. El ruptor de aire deberá ser igual o **mayor** a los **40 mm** o instalar el dispositivo indicado en la Figura 2.3.
- Las descargas de la tubería de rebose deberán ser evacuadas al sistema de drenaje pluvial o rehúso del inmueble.

Fig. 2.3 Tubería de ingreso, rebose, limpieza, ventilación y distribución



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7. Tubería de rebose

Capacidad Max. Tubería de impulsión (L/s)	Diámetro nominal de la tubería (mm) DN
0,0 - 0,80	40
0,81 - 3,5	50
3,51 - 6,00	60
6,10 - 10,00	75
10,10 - 22,00	100
22,10 - 65,00	150
> 65,00	200

Fuente: RENISDA

2.5.3.7.- Tuberías de limpieza o desagüe

- Toda tubería de limpieza deberá contar con una válvula de control (compuerta o esfera) que deberá estar rígidamente fijada en la tubería y estar ubicada en un lugar de fácil acceso para su operación y mantenimiento.

- La tubería de limpieza o drenaje deberá permitir el vaciado del tanque en un tiempo no mayor a dos horas (2h). El área del orificio de salida podrá calcularse por la siguiente fórmula:

$$A_o = \frac{S * \sqrt{h}}{C_d * T * \sqrt{2 * g}} \quad \rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 * A_o}{\pi}}$$

Donde:

T = Tiempo de vaciado del tanque en s.

S = Área superficial del tanque en m².

h = Máxima carga hidráulica del orificio en m.

Cd = Coeficiente de contracción del orificio, **0,60 a 0,65**.

Ao = Área del orificio de limpieza en m².

g = Aceleración de la gravedad, **9,81** m/s².

D = Diámetro de la tubería de desagüe en m.

- La losa inferior del tanque deberá tener una pendiente no menor al **1%** en dirección a la tubería de limpieza o drenaje.
- La boca de acceso a la tubería de limpieza deberá ser provista de una rejilla de piso como protección contra el ingreso de objetos extraños.
- Considerando que la tubería de limpieza o desagüe funcionan en régimen de presión, deberá preverse el material adecuado en la bajante de conexión.
- Las descargas de la tubería de limpieza deberán ser evacuadas al sistema de drenaje pluvial o rehúso del inmueble.

2.5.3.8.- Tuberías de ventilación

- Todo tanque de almacenamiento deberá contar con una altura de aire libre no menor a **200 mm**, medida con relación a la generatriz superior de la tubería de rebose, (ver Fig. 2.3).
- Todo tanque deberá contar con una tubería de ventilación ubicada en la parte superior o cubierta del mismo, con un diámetro no menor a **50 mm** y protegida por una malla milimétrica que evite el ingreso de objetos y animales extraños.

2.5.3.9.- Accesos de limpieza e inspección

- Todo tanque deberá ser accesible a través de un ingreso, ubicado en la cubierta, con dimensiones mínimas de **0,60 m x 0,60 m**. El acceso deberá estar situado próximo a

la tubería de ingreso y/o accesorios de control de flujo (flotador) y provista de una tapa sanitaria (metálica o de hormigón).

- Todo acceso deberá contar con un bordillo de protección contra el ingreso de aguas pluviales con una altura no menor a **50 mm.**
- La cubierta de todo tanque de almacenamiento deberá tener una pendiente mayor o igual al **2%** en dirección al perímetro del mismo.

2.5.4.- Sistema de distribución de agua fría

- El sistema de distribución de agua potable fría comprende las redes de tuberías y elementos que conducen el agua potable desde un ramal de alimentación domiciliaria, un tanque cisterna, o desde un tanque elevado, hasta los puntos de consumo o artefactos sanitarios de utilización. El sistema está conformado por ramales principales, ramales secundarios y montantes de agua.

2.5.5.- Velocidades

A objeto de limitar la generación de ruidos en las tuberías, la velocidad de flujo en los conductos o tuberías de distribución de agua no deberá ser mayor a las indicadas en la Tabla 2.8., para las condiciones de máxima demanda probable. La Tabla 2.8., indica las velocidades máximas admisibles y caudales máximos en función al diámetro de la tubería. En sistemas de agua caliente con recirculación continua la velocidad de flujo no deberá exceder los **0,60 m/s.**

Tabla 2.8. Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable

Diámetro nominal DN	Velocidad máxima	Caudal máximo
mm	m/s	L/s
15	1,6	0,2
20	2,0	0,6
25	2,3	1,2
40	2,5	4,0
50	2,5	5,7
60	2,5	8,9
75	2,5	12,0
100	2,5	18,0

Fuente: RENISDA

La velocidad mínima en un conducto o tubería de distribución de agua potable no deberá ser menor a **0,60 m/s** para evitar sedimentación.

2.5.6.- Presiones

- Para fines de diseño, la presión de trabajo, o presión dinámica mínima, no deberá ser menor a los **2 mca (20 kPa)** para todos los puntos de utilización, salvo lo recomendado por los proveedores. En el caso de artefactos con válvulas de descarga para inodoros y/o tanques de hidropresión la presión dinámica mínima en condiciones de operación o funcionamiento será fijada por el proveedor.
- La presión estática máxima aceptable no será mayor a los **40 mca (400 kPa)**. En caso de superarse esta presión se deberá considerar la instalación de equipos reductores de presión.

2.5.7.- Ramales individuales en artefactos sanitarios

La Tabla 2.9., da una referencia de caudales para el diseño de los ramales individuales de suministro de agua a los artefactos más corrientes.

La Tabla 2.10., fija los diámetros mínimos de los ramales de abastecimiento de agua potable a los artefactos más corrientes tomando en cuenta los caudales señalados en la Tabla 2.9. Estos diámetros deberán ser compatibilizados con las especificaciones técnicas de los proveedores.

Tabla 2.9. Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario

Artefacto	L/min	L/s
Lavamanos con medidor de caudal	0,95	0,016
Lavamanos con cierre automático	1,89	0,032
Bebedero (Chorro)	2,84	0,047
Lavamanos corriente	9,46	0,158
Tina de baño, 15 mm	18,93	0,316
Ducha, 15 mm	9,46	0,158
Lavandería, 15 mm	9,46	0,158
Máquina de lavar ropa (3,50 a 7 kg), lavadora	15,14	0,252
Inodoro c/tanque de gravedad	11,36	0,189
Inodoro c/válvula de descarga de 15 mm, 11 mca de presión (0,11 Mpa)	56,78	0,946
Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm, 11 mca de presión (0,11 Mpa)	102,20	1,703

Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm, 18 mca de presión (0,18 Mpa)	132,48	2,208
Urinario corriente	5,68	0,095
Urinario con válvula de descarga	45,42	0,757
Lavaplatos o pileta de cocina 15 mm	17,03	0,284
Lavaplatos o pileta de cocina 20 mm	22,71	0,379
Maquina domestica de lavar platos	15,14	0,252
Grifo de riego de 15 mm	18,93	0,316
Pileta de servicio de 20 mm	22,71	0,379

Fuente: National plumbing code, 2006

2.5.8.- Dimensionamiento de las redes de distribución de agua potable fría

Las redes de distribución de agua deberán ser diseñadas para satisfacer la demanda máxima probable de los diferentes puntos de consumo o utilización, de acuerdo tabla 2.9.

Tabla 2.10. Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios

Artefacto sanitario	Diámetro nominal DN	
	Agua fría	Agua caliente
	mm	mm
Tina de baño o tina con ducha	15	15
Bidet	15	15
Lavadora automática, domestica	15	15
Lavaplatos automático, domestico		15
Bebedero	15	
Grifo de riego	15	
Grifo de riego adicional, por cada unidad	15	
Lavaplatos o pileta de cocina, domestico	15	15
Lavandería doméstica o pileta de lavado	15	15
Lavamanos o lavatorio	15	15
Pileta de servicio	15	15
Ducha individual	15	15
Ducha de uso continuo	15	15
Urinario c/válvula de descarga de 3,75 L	20	
Urinario c/válvula de descarga > 3,75 L	20	
Inodoro c/tanque de gravedad de 6 L por descarga	15	
Inodoro c/tanque de hidropresión de 6 L por descarga	15	
Inodoro c/válvula de descarga de 6 L	25	
Inodoro c/tanque de gravedad de 12 L por descarga	15	
Inodoro c/válvula de descarga de 12 L	25	
Tina de hidromasaje	15	15

Fuente: National plumbing code, 2006

2.5.9.- Estimación de consumo máximo probable

- Las redes domiciliarias de agua potable, se diseñarán para la demanda máxima probable aplicando el método probabilístico de Hunter, considerando que no todos los puntos de consumo de una red se encuentran en plena utilización ni en funcionamiento continuo. El método de Hunter asigna un peso específico, unidades de gasto (UG), a cada artefacto sanitario operando en forma intermitente, considerando su efecto en el funcionamiento de la red en términos de caudal y consumo.
- Dos o más artefactos sanitarios podrán sumarse en sus unidades de gasto para determinar su efecto combinado en el sistema de distribución domiciliaria. Con las UG encontradas se podrán determinar los caudales máximos probables en cada punto de la red.
- La Tabla 2.11., presentan una actualización del método de Hunter que introduce el empleo de artefactos de bajo consumo y diferentes categorías de inmuebles de acuerdo al grado de utilización de los artefactos sanitarios.

2.5.10.- Asignación de unidades de gasto por artefacto sanitario (UG). Método de

Hunter

- La demanda pico de un inmueble con un sistema de distribución alimentando a múltiples artefactos sanitarios, se diseña considerando el uso discontinuo de los mismos, el tipo de artefacto sanitario, los patrones de utilización y el número de artefactos instalados que pueden ser utilizados simultáneamente en el inmueble.
- Los valores de UG asignados para diferentes tipos de artefactos e inmuebles se muestran en la Tabla 2.11. Los valores de esta tabla representan el factor de demanda de agua potable del artefacto o punto de consumo en el sistema de agua potable de un inmueble.
- Para artefactos que tienen tanto un suministro de agua potable fría como caliente, los valores individuales representan 3/4 del valor total asignado a cada artefacto, con redondeo a la cifra inmediata superior.

- La Tabla 2.11. incluye cuatro columnas considerando diferentes tipos de utilización de inmuebles: 1) viviendas unifamiliares o edificios de vivienda de dos departamentos, 2) edificios con tres o más departamentos, 3) otros inmuebles que tengan un uso diferente al de la vivienda como locales comerciales, públicos, institucionales y similares, y 4) edificios de alta frecuencia de utilización de artefactos sanitarios como locales deportivos, de espectáculos y similares. El concepto de este nuevo enfoque radica en el hecho de que la demanda máxima probable, depende del tipo de ocupación del inmueble en el cual estarán funcionando artefactos sanitarios de diverso tipo. Para instalaciones de agua potable de alta ocupación, el proyectista deberá considerar el funcionamiento del 100% de los puntos de consumo.
- Para inmuebles de usos diferentes a los considerados en la Tabla 2.11., el proyectista deberá aplicar su propio juicio y experiencia para la determinación de las unidades de gasto.

Tabla 2.11. Unidades de gasto por artefacto sanitario*. Método de Hunter

Artefacto sanitario	Viviendas unifamiliares o de dos depts.			Edificios multifamiliares, con 3 o más depts.		
	Unidades de gasto (UG)			Unidades de gasto (UG)		
	Total	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente
Tina de baño o tina con ducha	4,0	3,0	3,0	3,5	2,6	2,6
Bidet	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4
Lavadora automática (domestica)	4,0	3,0	3,0	2,5	1,9	1,9
Maquina automática de lavar platos (domestico)	1,5		1,5	1,0		1,0
Bebedero						
Grifo de riego	2,5	2,5		2,5	2,5	
Grifo de riego adicional, por c/Unid. añadida	1,0	1,0		1,0	1,0	
Lavaplatos o pileta de cocina	1,5	1,1	1,1	1,0	0,8	0,8
Lavaplatos o pileta de cocina exclusivo **	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0
Lavandería o pileta de lavado	2,0	1,5	1,5	1,0	0,8	0,8
Lavamanos o lavatorio	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4
Pileta de servicio						
Ducha individual	2,0	1,5	1,5	2,0	1,5	1,5
Ducha de uso continuo						
Urinario c/válvula de descarga de 3,75 L.						
Urinario c/válvula de descarga > a 3,75 L.						
Inodoro c/tanque de descarga de 6 L.	2,5	2,5		2,5	2,5	
Inodoro c/tanque de hidropresión de 6 L.	2,5	2,5		2,5	2,5	
Inodoro c/válvula de descarga de 6 L.	5,0	5,0		5,0	5,0	
Inodoro c/tanque de descarga de 13 L.	3,0	3,0		3,0	3,0	

Inodoro c/válvula de descarga de 13 L.	7,0	7,0		7,0	7,0	
Tina de hidromasaje	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0
Artefacto sanitario	Edificios públicos, comerciales			Edificios de alta ocupación: Teatros, stadiums, escuelas y similares		
	Unidades de gasto (UG)			Unidades de gasto (UG)		
	Total	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente
Tina de baño o tina con ducha	4,0	3,0	3,0			
Bidet						
Lavadora automática (domestica)	4,0	3,0	3,0			
Maquina automática de lavar platos (domestico)	1,5		1,5			
Bebedero	0,5	0,5		0,8	0,8	
Grifo de riego	2,5	2,5				
Grifo de riego adicional, por c/Unid. añadida	1,0	1,0				
Lavaplatos o pileta de cocina	1,5	1,1	1,1			
Lavaplatos o pileta de cocina exclusivo **	4,0	3,0	3,0			
Lavandería o pileta de lavado	2,0	1,5	1,5			
Lavamanos o lavatorio	1,0	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8
Pileta de servicio	3,0	2,3	2,3			
Ducha individual	2,0	1,5	1,5			
Ducha de uso continuo	5,0	3,8	3,8	5,0	3,8	3,8
Urinario c/válvula de descarga de 3,75 L.	4,0	4,0		5,0	5,0	
Urinario c/válvula de descarga > a 3,75 L.	5,0	5,0		6,0	6,0	
Inodoro c/tanque de descarga de 6 L.	2,5	2,5		4,0	4,0	
Inodoro c/tanque de hidropresión de 6 L.	2,5	2,5		3,5	3,5	
Inodoro c/válvula de descarga de 6 L.	5,0	5,0		8,0	8,0	
Inodoro c/tanque de descarga de 13 L.	5,5	5,5		7,0	7,0	
Inodoro c/válvula de descarga de 13 L.	8,0	8,0		10,0	10,0	
Tina de hidromasaje						

Fuente: National Standard Plumbing Code, 2006 ** En cocinas que no cuentan con máquinas de lavar platos

2.5.11.- Caudales máximos probables

La determinación del caudal máximo probable (QMP) en L/s, correspondiente a un determinado número de Unidades de Gasto (UG), Método de Hunter, se encuentra en tablas en la cual los valores han sido ordenados en términos de UG vs. Caudal (L/s), dependiendo del tipo de artefacto empleado, con tanque o válvula de descarga.

La máxima demanda probable es mayor en aquellos sistemas de agua potable en los cuales se han instalado inodoros que funcionan directamente con válvulas de descarga (en comparación con los inodoros con tanques de gravedad). La diferencia entre la demanda máxima probable entre los dos sistemas disminuye conforme el número total de UG aumenta.

De las tablas de Hunter se obtuvieron las siguientes fórmulas:

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

➔ $0,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8,31 * 10^{-5} * UG^2$

➔ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55 * 10^{-7} * UG^2$

➔ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 1,501666 + 0,005683 * UG$

Para instalaciones que cuentan con artefactos que funcionan con un sistema de válvula de descarga:

➔ $5,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,719341 + 0,026291 * UG - 1,03 * 10^{-4} * UG^2$

➔ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 1,523285 + 0,008663 * UG - 4,11 * 10^{-6} * UG^2$

➔ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 2,546667 + 0,004663 * UG$

2.5.12.- Pérdidas de carga en tuberías

- Las pérdidas de carga serán determinadas considerando una presión dinámica mínima sobre el punto de consumo o salida del artefacto más desfavorable mayor o igual a los **2 mca (20 kPa)**, para las condiciones de máximo consumo probable. La condición de presión dinámica mínima de 2 mca podrá variar de acuerdo a las especificaciones técnicas exigidas por los proveedores de artefactos sanitarios.
- El diámetro mínimo de las tuberías a emplearse en las instalaciones domiciliarias de agua potable será de DN 15 para tuberías de material plástico y cobre y de DN 20 para tuberías de fierro galvanizado.
- La pérdida de carga en tuberías se calculará mediante la aplicación de la fórmula universal o racional de Darcy – Weisbach, en combinación con la fórmula de Colebrook – White que se aplica a cualquier régimen de flujo, (laminar, en transición y turbulento), tipo de material (rugosidad) y para cualquier tipo de fluido (Número de Reynolds que es función de la viscosidad fluido). El proyectista podrá aplicar otras fórmulas, basadas en la experiencia y las buenas prácticas de la Ingeniería.

Formula de Darcy Weisbach

$$h_f = f * \frac{L * V^2}{DN * 2 * g}$$

Formula de Colebrook White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{k}{3,7 * DN} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

h_f = Perdida de carga en m.

f = Coeficiente o factor de fricción de Darcy.

L = Longitud de la tubería en m.

V = Velocidad media del fluido en m/s.

DN = Diámetro interno de la tubería en m.

g = Aceleración de la gravedad, **9,81** m/s².

Re = Numero de Reynolds, adimensional.

ν = Viscosidad cinemática del agua en m²/s.

k = Coeficiente de rugosidad de la tubería en mm.

$$Re = \frac{V * DN}{\nu}$$

Para la determinación del coeficiente de rugosidad (k) de las tuberías se podrán utilizar los valores indicados en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Coeficientes de rugosidad (k) en tuberías

Material de la tubería	Valor de k (mm)
Tuberías plásticas	0,007
Cobre, Bronce	0,002
Hierro galvanizado	0,150
Hierro dúctil, revestido con cemento	0,100
Acero	0,045

Fuente: RENISDA

Para la determinación de la viscosidad cinemática del agua, que es función de la temperatura del agua, se podrá emplear la Tabla 2.13. Para el diseño de redes de agua caliente se tomarán los valores correspondientes a **60°C - 70°C**.

Tabla 2.13. Valores de la viscosidad cinemática del agua

Temperatura (°C)	Viscosidad Cinemática $\nu * 10^{(-6)}(m^2/s)$
0	1,792
5	1,519
10	1,308
15	1,141
20	1,007

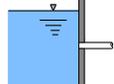
25	0,897
30	0,804
35	0,727
40	0,661
45	0,605
50	0,556
55	0,513
60	0,477
65	0,444
70	0,415
75	0,39
80	0,367
85	0,347
90	0,328
95	0,311
100	0,296

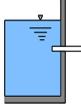
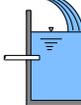
Fuente: RENISDA

2.5.13.- Pérdidas de carga localizadas h_L

Las pérdidas de carga localizadas corresponden a las producidas por hidrómetros, piezas de unión, accesorios, distribuidores múltiples, reguladores de caudal, y piezas especiales. Para el cálculo de las pérdidas localizadas debido a piezas de unión, válvulas y accesorios se podrán emplear las Tablas 2.14. y 2.15., determinando la longitud equivalente en cada caso, de acuerdo al tipo de material del accesorio PVC y/o F.G. Las pérdidas por piezas especiales, hidrómetros y similares serán determinadas con base a información del proveedor.

Tabla 2.14. Perdidas de carga localizadas en tuberías de fierro galvanizado

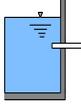
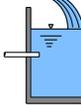
Diámetro NOMINAL (mm)	Codo 90°	Codo 45°	Curva 90°	Curva 45°	TE directa	TE 90° salida lateral	TE 90° salida bilateral	Entrada normal
DN								
15	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	1,0	1,0	0,2
20	0,7	0,3	0,3	0,2	0,4	1,4	1,4	0,2
25	0,8	0,4	0,3	0,2	0,5	1,7	1,7	0,3
40	1,3	0,6	0,5	0,3	0,9	2,8	2,8	0,5
50	1,7	0,8	0,6	0,4	1,1	3,5	3,5	0,7
60	2,0	0,9	0,8	0,5	1,3	4,3	4,3	0,9
75	2,5	1,2	1,0	0,6	1,6	5,2	5,2	1,1
100	3,4	1,5	1,3	0,7	2,1	6,7	6,7	1,6
150	4,9	2,3	1,9	1,1	3,4	10,0	10,0	2,5

Diámetro NOMINAL (mm)	Entrada de borde	Salida de canal	Válvula de pie c/criba	Válvula de retención		Llave de paso globo	Llave compuerta abierta	Llave ángulo abierto
				Tipo liviana	Tipo pesada			
DN								
15	0,4	0,4	3,6	1,1	1,6	4,9	0,1	2,6
20	0,5	0,5	5,6	1,6	2,4	6,7	0,1	3,6
25	0,7	0,7	7,3	2,1	3,2	8,2	0,2	4,6
40	1,0	1,0	11,8	3,2	4,8	13,4	0,3	6,7
50	1,5	1,5	14,0	4,2	6,4	17,4	0,4	8,5
60	1,9	1,9	17,0	5,2	8,1	21,0	0,4	10,0
75	2,2	2,2	20,0	6,3	9,7	26,0	0,5	13,0
100	3,2	3,2	23,0	8,4	12,9	34,0	1,7	17,0
150	5,0	5,0	39,0	12,5	19,3	51,0	1,1	26,0

Fuente: RENISDA

Tabla 2.15. Perdidas de carga localizadas – su equivalencia en metros de tuberías en PVC rígido o cobre

Diámetro NOMINAL (mm)	Codo 90°	Codo 45°	Curva 90°	Curva 45°	TE directa	TE 90° salida lateral	TE 90° salida bilateral	Entrada normal
DN								
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5
40	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0
50	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5
60	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6
75	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8

Diámetro NOMINAL (mm)	Entrada de borde	Salida de canal	Válvula de pie c/criba	Válvula de retención		Llave de paso globo	Llave compuerta abierta	Llave ángulo abierto
				Tipo liviana	Tipo pesada			
DN								
15	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
150	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

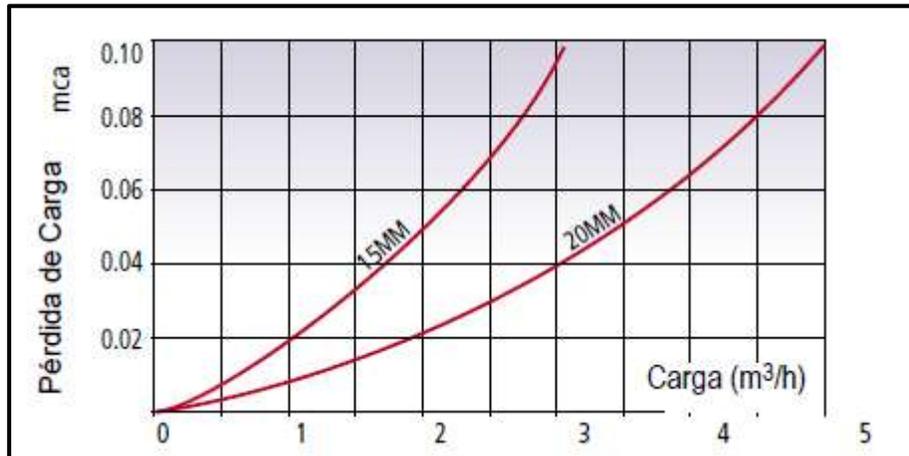
Fuente: RENISDA

2.5.13.1.- Pérdidas de carga en hidrómetros

Las pérdidas de carga en hidrómetros están definidas por el fabricante donde varían en función a la pérdida de carga y el caudal para un diámetro constante, en el tramo para el abastecimiento de agua potable en la vivienda multifamiliar.

Pérdidas de carga para un hidrómetro estándar de 15 y 20 mm; se muestran en el siguiente Ábaco, donde la pérdida de carga está en m.c.a y el caudal en m³/h, (ver Fig. 2.4).

Fig. 2.4 Ábaco de pérdidas de carga en hidrómetros para DN 15 – 20 mm.



Fuente: Dorot "Control Valves"

Del ábaco de la figura 2.4 se obtuvieron los siguientes valores mostrados en la Tabla 2.16.

Tabla 2.16. Valores de pérdidas de carga del hidrómetro en función al caudal

DN = 15 mm		DN = 20 mm	
Q	hf	Q	hf
(m ³ /h)	m.c.a.	(m ³ /h)	m.c.a.
0,5	0,010	0,5	0,005
1,0	0,020	1,0	0,010
1,5	0,033	1,5	0,015
2,0	0,050	2,0	0,021
2,5	0,069	2,5	0,030
3,0	0,095	3,0	0,040
		3,5	0,053
		4,0	0,065
		4,5	0,080
		5,0	0,100

Fuente: Elaboración propia

Para convertir los valores obtenidos del ábaco de la figura 2.4 en términos de longitud equivalente para los distintos materiales utilizados en la instalación para el agua potable, se aplicaron las siguientes expresiones:

Fórmula de la longitud equivalente \longrightarrow
$$L_E = \frac{\pi^2 * g * DN^5 * h_f}{8 * f * Q^2}$$

Fórmula de Colebrook White \longrightarrow
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{k}{3,7 * DN} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga obtenida del ábaco en m.

f = Coeficiente o factor de fricción de Darcy.

L_E = Longitud equivalente de la tubería en m.

Q = Caudal de circulación en m^3/s .

V = Velocidad media del fluido en m/s. \longrightarrow

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * DN^2}$$

DN = Diámetro interno de la tubería en m.

g = Aceleración de la gravedad, **9,81** m/s^2 .

Re = Numero de Reynolds, adimensional. \longrightarrow

$$Re = \frac{V * d}{\nu}$$

ν = Viscosidad cinemática del agua en m^2/s .

k = Coeficiente de rugosidad del material de la tubería en mm.

En la siguiente Tabla 2.17. se muestran los valores obtenidos del abaco y convertidos en términos de longitud equivalente para los DN de 15 y 20 mm aplicando las fórmulas anteriores para los materiales de PVC, fierro galvanizado y cobre.

Tabla 2.17. Valores de longitudes equivalentes para el hidrómetro

DN = 15 mm				DN = 20 mm			
Q	Longitud equivalente (m)			Q	Longitud equivalente (m)		
(m^3/h)	Le(PVC)	Le(Cobre)	Le(Galvan.)	(m^3/h)	Le(PVC)	Le(Cobre)	Le(Galvan.)
0,5	0,157	0,160	0,112	0,5	0,309	0,313	0,244
1,0	0,092	0,094	0,059	1,0	0,183	0,187	0,132
1,5	0,073	0,076	0,044	1,5	0,133	0,137	0,090
2,0	0,066	0,069	0,038	2,0	0,112	0,115	0,072
2,5	0,060	0,064	0,034	2,5	0,106	0,110	0,067
3,0	0,059	0,063	0,032	3,0	0,102	0,106	0,062
				3,5	0,102	0,107	0,061
				4,0	0,098	0,103	0,058
				4,5	0,097	0,102	0,056
				5,0	0,100	0,106	0,057

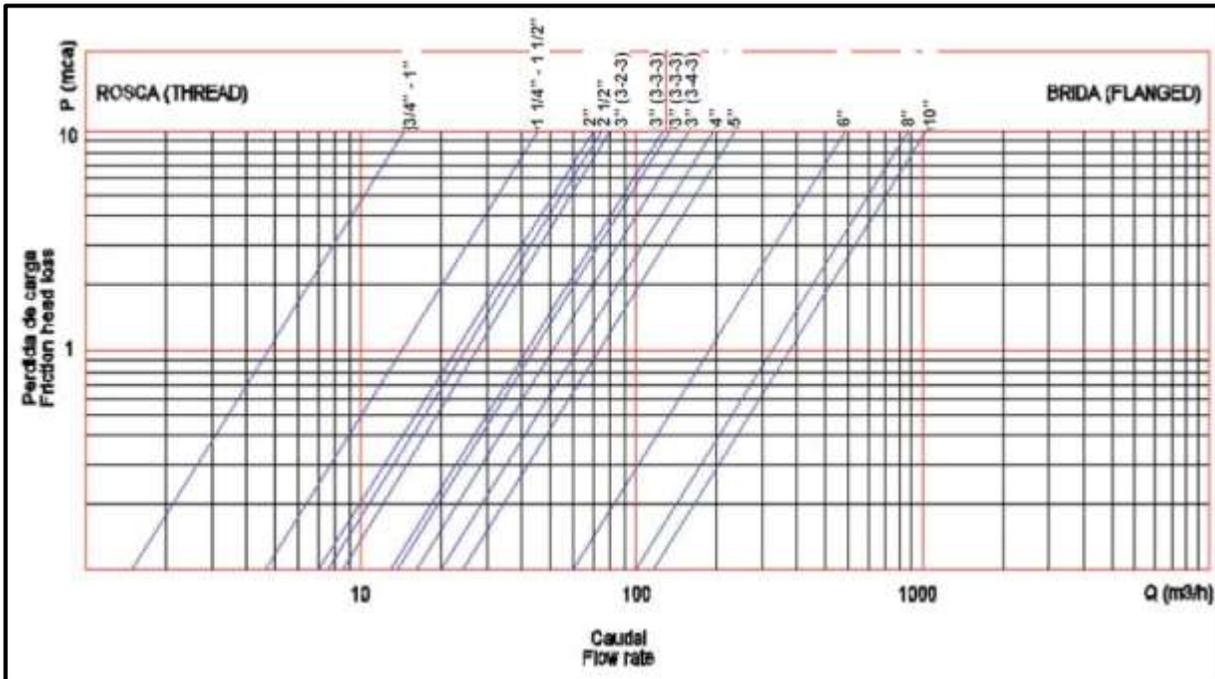
Fuente: Elaboración propia

2.5.13.2.- Pérdidas de carga en las válvulas flotador

Para las pérdidas de carga en las válvulas flotador, también están definidas por los fabricantes donde varían en función a la pérdida de carga y el caudal para un diámetro constante, estas pérdidas se dan cuando se alimenta el tanque cisterna y el tanque elevado los cuales contienen una válvula flotador para el control de los niveles de agua potable.

En el siguiente ábaco se muestran las pérdidas de carga en la válvula flotador para los distintos diámetros que se utilizan en los tanques, donde la pérdida de carga está en m.c.a y el caudal en m^3/h , (ver Fig. 2.5).

Fig. 2.5 Ábaco de pérdidas de carga en las válvulas flotador



Fuente: Dorot "Control Valves"

En la siguiente Tabla 2.18. se muestran los resultados en términos de longitudes equivalentes de la válvula flotador para los diámetros de 20 y 25 mm, aplicando las fórmulas que se utilizaron en la obtención de las longitudes equivalentes en el hidrómetro, para los materiales de PVC, fierro galvanizado y cobre.

Tabla 2.18. Valores de longitudes equivalentes para la válvula flotador

D = 20 - 25 mm				
Q	hf	Le(PVC)	Le(Galvan.)	Le(Cobre)
(m^3/h)	m.c.a.			
1	0,08	1,464	1,052	1,490
2	0,29	1,542	0,999	1,587
3	0,6	1,531	0,936	1,591
4	1,2	1,809	1,063	1,897

5	1,8	1,800	1,026	1,905
6	2,4	1,713	0,952	1,825
7	3	1,607	0,877	1,724
8	3,9	1,628	0,875	1,757
10	5	1,373	0,720	1,497

Fuente: Elaboración propia

2.5.14.- Cálculo hidráulico de redes de distribución

- El cálculo de los caudales, diámetros, pérdidas de carga y presiones dinámicas en cada punto de la red, deberá resumirse en forma de un cuadro ordenado según cada tramo de tubería, en la cual el proyectista podrá calcular los parámetros de diseño, aplicando el Método de Hunter para la determinación de los caudales máximos probables, y las pérdidas de carga.
- La presión mínima en los artefactos sanitarios no deberá ser menor a los 2 mca (20 kPa), salvo en el caso de artefactos con válvulas semiautomáticas o de descarga y equipos especiales cuya presión mínima deberá ser la recomendada por el proveedor.
- En todos los casos la presión estática no deberá superar los 40 mca (400 kPa), en caso necesario, se deberán emplear equipos reductores de presión.

2.5.15.- Sistema de bombeo

2.5.15.1.- Caudal de bombeo

El caudal de bombeo en los sistemas indirectos que cuentan con un tanque cisterna y un tanque elevado, se calculará tomando en cuenta el número de horas de bombeo por día y el consumo diario (CD). Para el cálculo se podrá emplear la siguiente expresión de cálculo:


$$Q_b = \frac{C_D}{3600 * N}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo en L/s.

C_D = Consumo diario en L.

N = Número total de horas de bombeo por día no mayor a **6,0**

- El número de horas de bombeo, no deberá superar el total de 6 horas al día, considerando dos a tres periodos de arranque por día. Tomando en cuenta estos

factores, los niveles de agua en los tanques, para la parada y/o arranque de los equipos de bombeo.

- Para los periodos o turnos de bombeo, tomando en cuenta el tipo de edificación, se recomienda los siguientes periodos y número de horas de bombeo por día:
 - Departamentos y hoteles: tres periodos de 1,5 horas (total 4,5 horas)
 - Hospitales: tres periodos de 2 horas (total 6,0 horas)
 - Industrias: dos periodos de 2 horas (4 horas)

2.5.15.2.- Tubería de impulsión

Para el cálculo económico de la tubería de impulsión se podrá emplear la fórmula de Bresse:

$$D_b = 1,30 * x^{1/4} * \sqrt{Q_b}$$

Donde:

Q_b = Caudal de bombeo en m^3/s .

D_b = Diámetro de la tubería de bombeo en m.

$$x = \frac{\text{Numero de horas de bombeo}}{24}$$

2.5.15.3.- Tubería de succión

La Tubería de succión deberá tener un diámetro comercial igual o superior al diámetro calculado para la tubería de impulsión:

$$D_s \geq D_b$$

Toda tubería de succión deberá respetar las siguientes distancias mínimas (ver Figura 2.6).

$$h_1 > \frac{v^2}{2 * g} + 0,20$$

$$h_1 > 2,5 * D_s + 0,20$$

$$h_2 > 0,50 * D_s$$

$$h_2 > 0,30m$$

Donde:

h_1 = Altura del nivel de agua al punto de ingreso de la tubería de succión en m.

h_2 = Distancia de la superficie exterior de la tubería de succión a la pared del pozo de succión en m.

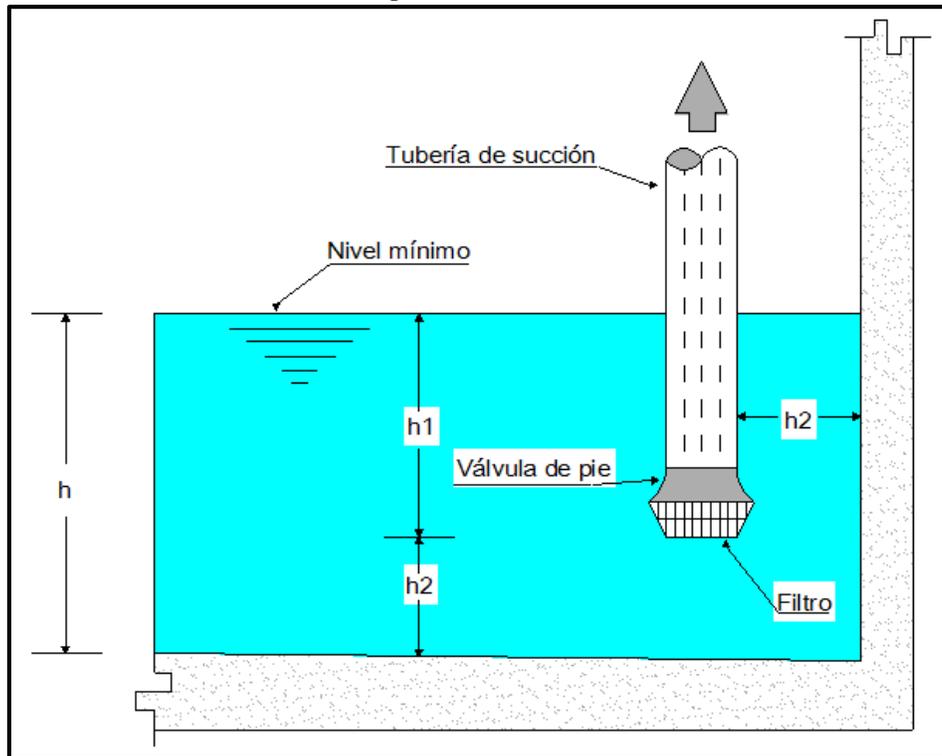
V = Velocidad media en la tubería en m/s.

D_s = Diámetro interno de la tubería de succión en m.

g = Coeficiente gravitacional, $9,81 \text{ m/s}^2$.

Toda tubería de succión deberá llevar una válvula de pie, a una distancia no menor a los 0,30 m con relación al fondo del tanque (ver Figura 2.6).

Fig. 2.6 Tubería de succión



Fuente: Elaboración propia

2.5.15.4.- Altura manométrica o dinámica de bombeo

La altura manométrica de bombeo se podrá calcular por la siguiente expresión:

Donde: $\longrightarrow H_b = H_i + H_s$

H_b = Altura manométrica de bombeo en m.

H_i = Altura manométrica de impulsión en m.

H_s = Altura manométrica de succión en m.

La altura manométrica de impulsión se podrá calcular por la expresión:

Donde: $\longrightarrow H_i = H_{gi} + \Delta H_{gi}$

H_{gi} = Altura geométrica de impulsión, diferencia de cotas entre el nivel medio de la bomba y el punto de ingreso de la tubería de impulsión en m.

ΔH_{gi} = Altura de pérdida de carga de la tubería de impulsión en m.

La altura manométrica de succión se podrá calcular de acuerdo a la siguiente expresión (Cuando el nivel mínimo del agua en el tanque cisterna se encuentra en una cota inferior con relación al nivel medio de la bomba):

$$\longrightarrow H_s = H_{gs} + \Delta H_s$$

Donde:

H_s = Altura manométrica de succión en m.

H_{gs} = Altura geométrica de succión en m, diferencia de cotas entre el nivel medio de la bomba y el punto de toma (criba).

ΔH_s = Altura de pérdida de carga de la tubería de succión en m.

2.5.15.5.- Carga neta de succión positiva (CNSP)

Cuando el nivel mínimo del agua en el tanque cisterna se encuentra en una cota inferior con relación al nivel medio de la bomba, se deberá verificar la carga neta de succión positiva de acuerdo a los siguientes criterios:

- Todo sistema de bombeo se verificará contra la cavitación, controlando la carga neta de succión disponible (CNSP) y la requerida.
- La CNSP disponible es función del diseño de la instalación de bombeo y se calcula por:

por:

$$\longrightarrow CNPS = H_{atm} + (H_{vap} + H_s + \Delta H_s)$$

Donde:

CNSP = Carga neta positiva de succión disponible en m.

H_{atm} = Presión atmosférica en m., en función de la altitud ver Tabla 2.19.

H_{vap} = Presión del vapor de agua en m., ver Tabla 2.20.

H_s = Altura geométrica de succión en m.

ΔH_s = Altura de pérdida de carga de la tubería de succión en m., fricción en tubería y pérdidas locales en accesorios y piezas.

Tabla 2.19. Valores de la presión atmosférica

Altitud m.s.n.m.	Presión atmosférica H_{atm} . (m.c.a.)
0	10,3
500	9,7
1000	9,1
1500	8,6

2000	8,1
2500	7,6
3000	7,1
3500	6,7
4000	6,3
4500	5,9
5000	5,5
5500	5,2
6000	4,9

Fuente: RENISDA

Tabla 2.20. Valores de la presión de vapor de agua

Temperatura (°C)	Presión de vapor H _{vap} . (m.c.a.)
0	0,06
5	0,09
10	0,12
15	0,17
20	0,25
25	0,33
30	0,44
35	0,58
40	0,76
45	0,98
50	1,25
55	1,61
60	2,03
65	2,56
70	3,2
75	3,96
80	4,85
85	5,93
90	7,18
95	8,62
100	10,33

Fuente: RENISDA

- La CNPS requerida es función del equipo de bombeo y su valor viene dado por el fabricante y corresponde a la carga exigida por la bomba para succionar el fluido sin riesgos de cavitación. A efectos de evitar los riesgos de cavitación se debe cumplir:

$$\text{CNPS (disponible)} > \text{CNPS (requerida)}$$

2.5.15.6.- Selección del equipo de bombeo

- Para la determinación de la potencia de la bomba se deberá contar con las curvas características correspondientes al tipo de bomba a emplearse, tomando en cuenta el número de rotaciones por minuto (n) a ser adoptado y el rendimiento deseado.
- La potencia teórica del equipo de bombeo se podrá determinar por las siguientes expresiones:

$$P_b = \frac{g * Q_b * H_b}{1000 * \eta}$$

Donde:

P_b = Potencia de la bomba en Kw.

H_b = Altura manométrica de bombeo en m.

Q_b = Caudal de bombeo en L/s.

η = Eficiencia del equipo motor – bomba: $\eta = \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{bomba}}$

g = Coeficiente gravitacional en m/s^2 .

$$P_b = \frac{\gamma * Q_b * H_b}{75 * \eta}$$

Donde:

P_b = Potencia de la bomba en CV.

H_b = Altura manométrica de bombeo en m.

Q_b = Caudal de bombeo en m^3/s .

η = Eficiencia del equipo motor – bomba: $\eta = \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{bomba}}$

γ = Peso específico del agua en kg/m^3 .

- Para fines de operación, la potencia teórica calculada deberá ser multiplicada por un factor adicional, dependiendo del tamaño de la bomba, de acuerdo a la Tabla 2.21.

Tabla 2.21. Coeficiente de mayoración de la potencia teórica de la bomba

Potencia teórica de la bomba	Coeficiente de mayoración
< 7,5 kw	1,20
7,5 kw - 22 kw	1,15
> 22 kw	1,10

Fuente: RENISDA

- Salvo en el caso de viviendas unifamiliares, todo equipo de bombeo deberá instalarse con un equipo de reserva para casos de emergencia o reparación.

2.5.15.7.- Sistema de control de niveles en sistemas de bombeo

- El control de los niveles de agua en los tanques, se hará por medio de interruptores automáticos que permitan:
 - Arrancar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado descienda $\frac{1}{4}$ del nivel útil. En instalaciones importantes y en caso necesario y a objeto de mantener siempre un volumen de almacenamiento de agua suficiente para hacer frente a situaciones de corte del servicio, interrupciones imprevistas, racionamientos del servicio público de agua, etc., se recomienda que las bombas arranquen toda vez que el nivel del agua descienda a los $\frac{2}{3}$ del volumen útil del tanque elevado.
 - Parar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque elevado ascienda hasta el nivel máximo previsto del volumen útil.
 - Parar la bomba cuando el nivel de agua en el tanque cisterna descienda hasta 15 – 20 cm por encima de la criba de succión.

2.5.16.- Instalación domiciliaria de agua caliente

2.5.16.1.- Consumo de agua caliente

Para la determinación del consumo diario de agua caliente podrán adoptarse los valores de la Tabla 2.22.

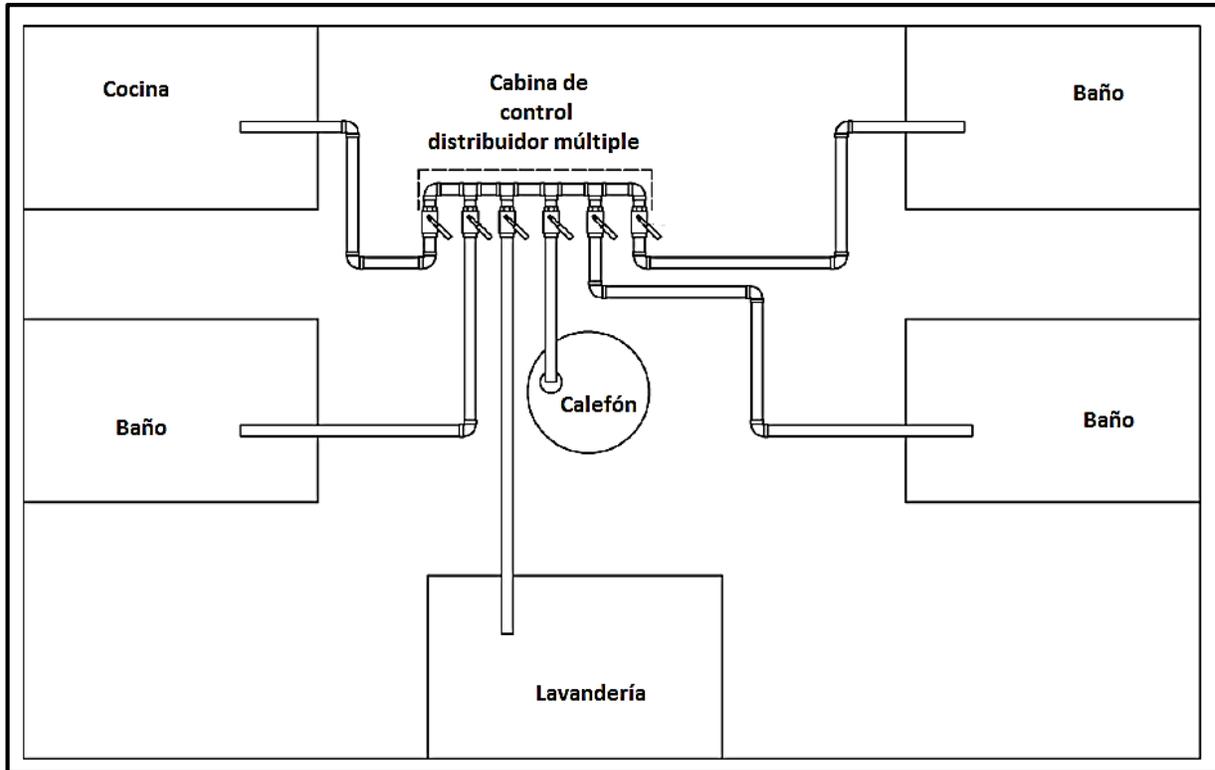
Tabla 2.22. Estimación de consumos de agua caliente por regiones

Región	Consumo de agua caliente
Altiplano	30% del consumo diario (total) de agua fría
Valles	25% del consumo diario (total) de agua fría
Llanos	20% del consumo diario (total) de agua fría

Fuente: RENISDA

2.5.16.2.- Sistema de distribución de agua caliente

Fig. 2.7 Distribuidor múltiple agua caliente - Planta



Fuente: RENISDA

Se podrán aplicar los criterios de sistemas de distribución indicados para agua fría, en el punto 2.5.4. Al comienzo de cada montante y/o de una derivación debe colocarse una llave de paso.

La Tabla 2.10., fija los diámetros mínimos de los ramales de abastecimiento a los artefactos más corrientes.

Para la estimación del consumo máximo probable, se aplicará el Método Estándar empleando la Tabla 2.11., utilizando las unidades de gasto para artefactos que consumen agua caliente.

Para la determinación de las pérdidas de carga se aplicará el procedimiento establecido en el Inciso 2.5.12 y 2.5.13 de este capítulo, para las condiciones de flujo del agua con una temperatura media de 60° C.

2.5.16.3.- Cálculo hidráulico de redes de distribución

- El cálculo de los caudales, diámetros, pérdidas de carga y presiones en cada punto de la red, deberá resumirse en forma de un cuadro ordenado, similar al del cálculo de redes de distribución de agua potable fría.

- La presión mínima en cualquier punto de consumo no deberá ser menor a los 2 mca (20 kPa), salvo en casos recomendados por los proveedores.
- La presión máxima estática no deberá superar los 40 mca (400 kPa).

2.5.17.- Planillas de cálculo de columnas o montantes de agua fría y caliente

(1)	(2)	(3)	(4)		(5)		(6)										(7)						(8)	(9)
N°	Columna	Piso	Tramo		NIVEL (m)		N° Artefactos										Unidades de gasto						U.D.G. Parcial	U.D.G. Acumulado
			De	A	De	A	I	Gr	L	U	Du	LE	Lp	Lv	Bt	B	I	Gr	L	U	Du	LE		

						(16)												(18)	(19)	
(10)	(11)		(12)	(13)	(14)	(15)	Longitud (m)										(17)		Presión disponible (m)	Punto
Q (l/s)	DN		v (m/s)	K (mm)	Re	f	Real	N°	Codo	N°	Tee	N°	Val.	N°	Llave	Equiv.	Total	Pérdida de carga (m)		
	mm	plg																hf-Unit.	Total	

Columna (1) N°

Número de tramos que se va a calcular.

Columna (2) Columna

Identifica en función a la numeración en los planos la columna que se está calculando.

Columna (3) Piso

Es el número de piso o planta donde se desea calcular el tramo (edificio de varias plantas).

Columna (4) Tramo

Es el tramo entre los puntos a calcular (según la numeración dada al inicio y final de tramo).

Columna (5) Nivel (m)

Comprende el nivel de piso o planta entre puntos del tramo numerados en el plano.

Columna (6) N° Artefactos

Es el tipo de los diferentes artefactos sanitarios y la cantidad de estos que el tramo abastecerá.

Columna (7) Unidades de gasto

En estas casillas es resultado del producto entre el número de artefactos sanitarios columna (6) y las unidades de gasto U.D.G. de acuerdo a la **Tabla 2.11** (según la edificación a instalar que puede ser vivienda unifamiliar, multifamiliar y edificios públicos y comerciales).

Columna (8) U.D.G. (Unidades de gasto) Parcial

Es la sumatoria de todas las casillas de lo columna (7).

Columna (9) U.D.G. (Unidades de gasto) Acumulado

Es la suma de las unidades de gasto parciales columna (7) tomando en cuenta los puntos de tramos anteriores que aportaran al tramo que se está determinando.

Columna (10) Q (Caudal) (l/s)

Es el caudal máximo probable que se obtiene ingresando con el acumulado de las unidades de gasto columna (9) a las siguientes ecuaciones calibradas:

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

→ $0,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8,31 * 10^{-5} * UG^2$

→ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55 * 10^{-7} * UG^2$

→ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 1,501666 + 0,005683 * UG$

Para instalaciones que cuentan con artefactos que funcionan con un sistema de válvula de descarga:

→ $5,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,719341 + 0,026291 * UG - 1,03 * 10^{-4} * UG^2$

→ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 1,523285 + 0,008663 * UG - 4,11 * 10^{-6} * UG^2$

→ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 2,546667 + 0,004663 * UG$

Columna (11) DN (Diámetro nominal) en (mm) y (plg)

Estará en función del caudal máximo probable columna (10) y la velocidad máxima de circulación; será determinada de acuerdo a la **Tabla 2.8**, teniendo en cuenta que la velocidad mínima no deberá ser menor a 0,60 m/s para evitar sedimentación.

Columna (12) v (Velocidad media de circulación) (m/s)

Para el tramo a calcular se estima de acuerdo a la siguiente expresión:

→
$$v(m/s) = \frac{4000 * Q(l/s)}{\pi * (DN(mm))^2}$$

Columna (13) k (Coeficiente de rugosidad) (mm)

Se lo selecciona de la **Tabla 2.12** en función del material a utilizar en dicho tramo.

Columna (14) Re (Número de Reynolds)

De acuerdo a la siguiente expresión.

→
$$Re = \frac{v * DN}{\nu}$$

Se utiliza la velocidad media de circulación de la columna (12), el DN de la columna (11) y la viscosidad cinemática del agua que estará en función de la temperatura que se esté asumiendo, se utilizara la **Tabla 2.13**.

Columna (15) f (Coeficiente o factor de fricción de Darcy)

Se aplicara la ecuación de colebrook – White:

$$\longrightarrow \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{k}{3,7 * DN} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

Sí se quiere ahorra tiempo en el cálculo se utilizara la expresión simplificada de la ecuación de colebrook – White:

$$\longrightarrow f = \frac{0,25}{\left[\text{Log} \left(\frac{k}{3,7 * DN} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Para el cálculo, el coeficiente de rugosidad k de la columna (13), el DN de la columna (11) y Re de la columna (14).

Columna (16) Longitud (m)

Es el resultado de la suma de la longitud real de la columna o montante y la longitud equivalente de los accesorios que se encuentren en el tramo a calcular.

Columna (17) Perdida de carga (m)

Para la pérdida de carga se emplea la fórmula de Darcy – Weisbach:

$$\longrightarrow h_f = f * \frac{L}{DN} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Primero calculamos la pérdida de carga unitaria utilizando 1 m de longitud, para posteriormente multiplicar por la longitud total de la columna (16) obteniendo la pérdida de carga total del tramo calculado.

Columna (18) Presión disponible (m)

Aplicando energías entre dos puntos del tramo conociendo el nivel en el tramo columna (5), la perdida de carga en el tramo columna (17) y la presión en el punto anterior calculado; se obtiene la presión disponible en el punto a saber del tramo.

Columna (19) Punto

Se refiere al punto estudiado.

2.5.18.- Planillas de cálculo para ramales de agua fría y caliente

(1)	(2)		(3)		(4)		(5)			(6)	(7)		(8)
N°	Bloque		NIVEL (m)		Artefacto		N° de unidades			Gasto (L/s)	DN		Velocidad
	Piso	(De) Tramo (A)	De	A	Tipo	N°	Parcial	Total	Acum.	Tanque	mm	plg.	(m/s)

			(12)													(14)	(15)
(9)	(10)	(11)	Longitud (m)											(13)		(14)	(15)
K (mm)	Re	f	Real	N°	Codo	N°	Tee	N°	Val.	N°	Llave	Equiv.	Total	Pérdida de carga (m)		Presión disponible (m)	Punto
														hf-Unit.	Total		

Columna (1) N°

Número de tramos que se va a calcular.

Columna (2) Bloque

Identifica el número de piso y tramo que se va a calcular.

Columna (3) Nivel (m)

Comprende el nivel de piso o planta hasta la altura deseada para alimentar el artefacto sanitario a instalar.

Columna (4) Artefacto

Es el tipo de artefacto sanitario y la cantidad del mismo que el tramo abastecerá.

Columna (5) N° de unidades

Es la suma de la cantidad total de las unidades de gastos parciales tomando en cuenta los puntos de tramos anteriores que aportaran al tramo que se está determinando.

Columna (6) Gasto (L/s)

Es el caudal máximo probable que se obtiene ingresando con el número de unidades de gasto columna (5) a las siguientes ecuaciones calibradas:

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

→ $0,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8,31 * 10^{-5} * UG^2$

→ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55 * 10^{-7} * UG^2$

→ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 1,501666 + 0,005683 * UG$

Para instalaciones que cuentan con artefactos que funcionan con un sistema de válvula de descarga:

→ $5,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,719341 + 0,026291 * UG - 1,03 * 10^{-4} * UG^2$

→ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 1,523285 + 0,008663 * UG - 4,11 * 10^{-6} * UG^2$

→ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 2,546667 + 0,004663 * UG$

Columna (7) DN (mm) y (plg)

Estará en función del caudal máximo probable columna (6) y la velocidad máxima de circulación; será determinada de acuerdo a la **Tabla 2.8**, teniendo en cuenta que la velocidad mínima no deberá ser menor a 0,60 m/s para evitar sedimentación.

Columna (8) Velocidad en (m/s)

Se estima de acuerdo a la siguiente expresión:



$$v(m/s) = \frac{4000 * Q(l/s)}{\pi * (DN(mm))^2}$$

Columna (9) k (Coeficiente de rugosidad) en (mm)

Se lo selecciona de la **Tabla 2.12.** en función del material a utilizar en dicho tramo.

Columna (10) Re (Número de Reynolds)

De acuerdo a la siguiente expresión:



$$Re = \frac{v * DN}{\nu}$$

Se utiliza la velocidad media de circulación de la columna (8), el DN de la columna (7) y la viscosidad cinemática del agua que estará en función de la temperatura que se esté asumiendo, se utilizara la **Tabla 2.13.**

Columna (11) f (Coeficiente o factor de fricción de Darcy)

Se aplicara la ecuación de colebrook – White:



$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{k}{3,7 * DN} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

Sí se quiere ahorra tiempo en el cálculo se utilizara la expresión simplificada de la ecuación de colebrook – White:



$$f = \frac{0,25}{\left[\text{Log} \left(\frac{k}{3,7 * DN} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right]^2}$$

Para el cálculo, el coeficiente de rugosidad k de la columna (9), el DN de la columna (7) y Re de la columna (10).

Columna (12) Longitud (m)

Es el resultado de la suma de la longitud real del ramal y la longitud equivalente de los accesorios que se encuentren en el tramo a calcular.

Columna (13) Pérdida de carga (m)

Para la pérdida de carga se emplea la fórmula de Darcy – Weisbach:


$$h_f = f * \frac{L}{DN} * \frac{v^2}{2 * g}$$

Primero calculamos la pérdida de carga unitaria utilizando 1 m de longitud, para posteriormente multiplicar por la longitud total de la columna (12) obteniendo la pérdida de carga total del tramo calculado.

Columna (14) Presión disponible (m)

Aplicando energías entre dos puntos del tramo conociendo el nivel en el tramo columna (3), la pérdida de carga en el tramo columna (13) y la presión en el punto anterior calculado; se obtiene la presión disponible en el punto a saber del tramo.

Columna (15) Punto

Se refiere al punto estudiado.

2.6.- Instalaciones de evacuación de aguas residuales

2.6.1.- Ramales de descarga y ramales sanitarios

- Los ramales de descarga, (ver Figura 2.8) de cada artefacto sanitario se determinarán con base al número de Unidades de Descarga Hidráulica (UD) correspondientes a cada artefacto. La Tabla 2.23. presenta los diámetros nominales de los ramales de descarga asociados a los diferentes artefactos sanitarios en función a las UD.

Tabla 2.23. Unidades de descarga hidráulica de artefactos sanitarios

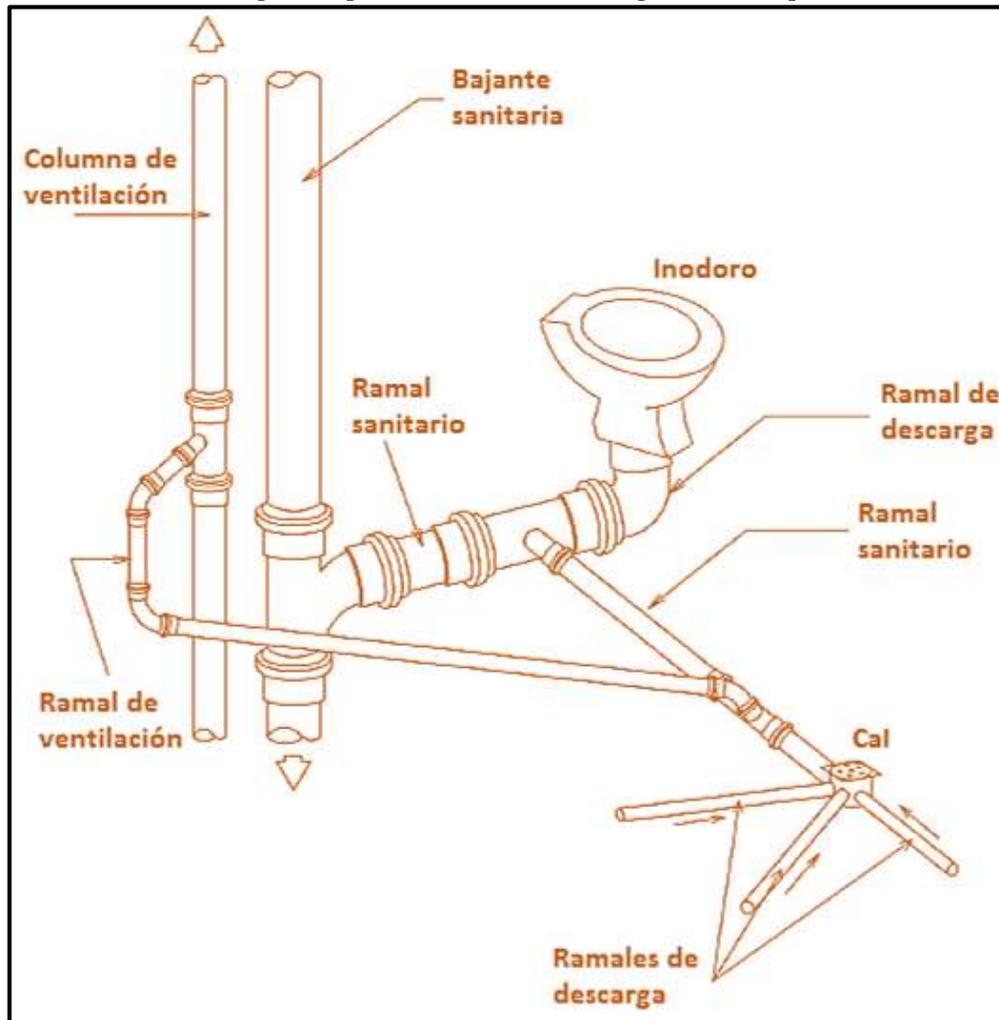
Artefacto sanitario	Unidades de descarga hidráulica UD	Ramal de descarga diámetro nominal (mm) DN
Inodoro corriente	6	100
Tina de residencial	2	40
Bebedero	0,5	40
Bidet	1	40
Ducha de residencia	2	40
Ducha publica colectiva	4	40
Lavamanos residencial	1	40
Lavamanos de uso general	2	40
Urinario c/válvula de descarga	6	75
Urinario c/tanque de descarga	5	50
Urinario c/ descarga automática	2	40
Urinario tipo canal corrido p/m	2	50
Lavaplatos de residencia	3	50
Pileta de servicio	5	75
Pila de cocina industrial-preparación	3	50
Pila de cocina industrial-lavado	4	50
Lavandería	3	40
Máquina de lavar platos	2	50**
Máquina de lavar ropa	3	50**

**Tomar en cuenta recomendaciones del fabricante

Fuente: RENISDA

- El número de Unidades de Descarga Hidráulica correspondiente a artefactos sanitarios no contemplados en la Tabla 2.23., se estimarán en función al diámetro de la tubería de descarga de acuerdo a la Tabla 2.24.

Fig. 2.8 Esquema de instalación de desagüe sanitario típico



Fuente: RENISDA

Tabla 2.24. Unidades de descarga hidráulica para artefactos sanitarios no contemplados en la Tabla 2.23.

Ramal de descarga diámetro nominal DN (mm)	UD
40	2
50	3
75	5
100	6

Fuente: RENISDA

- Toda caja interceptora deberá conectarse al ramal de descarga del inodoro o a una bajante sanitaria a través de un ramal sanitario ventilado, (ver Figura 2.8).
- El diámetro mínimo de un ramal de descarga no deberá ser inferior a **DN 40**
- Para el dimensionamiento de los ramales sanitarios debe ser utilizada la Tabla 2.25.

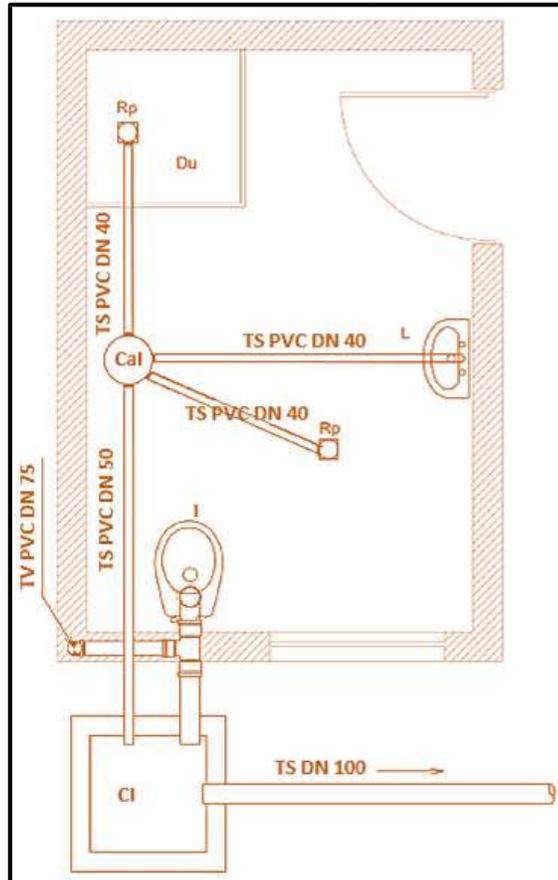
Tabla 2.25. Dimensionamiento de ramales sanitarios

Diámetro nominal DN (mm)	Número máximo de UD
40	3
50	6
75	20
100	160

Fuente: RENISDA

- Los ramales de descarga de lavaplatos, piletas de cocina o máquinas de lavar platos, deberán estar conectados a desgrasadores, previa su descarga a una bajante sanitaria.
- Los ramales de descarga de artefactos sanitarios con diámetros nominales iguales o menores a DN 75 deberán ser instalados con una pendiente mínima del 2%.
- Los ramales de descarga de artefactos sanitarios con diámetros nominales iguales o mayores a DN 100 deberán ser instalados con una pendiente mínima del 1%.
- Los cambios de dirección horizontales deberán ser realizados con piezas con ángulo central de curvatura igual o inferior a 45°.

Fig. 2.9 Conexión de artefactos sanitarios, viviendas de una planta



Fuente: RENISDA

- En instalaciones situadas a nivel del terreno, los ramales de descarga de inodoros, cajas interceptoras, desgrasadores deben descargar, siempre que sea posible, directamente a una cámara de inspección, o a otra tubería de evacuación primaria que sea de fácil mantenimiento, (ver Figura 2.9).
- Ningún artefacto sanitario puede descargar su respectivo efluente en tuberías con diámetro nominal menor a DN 40.
- La longitud de los ramales de descarga y ramales sanitarios de inodoros, cajas desgrasadoras y cajas interceptoras, no deben superar los 10 m medidos desde los artefactos y cajas hasta un dispositivo de inspección.

2.6.2.- Bajantes sanitarios

- Para fines de dimensionamiento de las bajantes sanitarias se aplicará el método de Unidades de Descarga Hidráulica (UD), asociado al conjunto de artefactos sanitarios que descargan a una bajante. Estas UD están indicadas en la Tabla 2.26., debiendo en cualquier caso respetarse los diámetros mínimos de los ramales de descarga. Las bajantes sanitarias podrán ser dimensionadas por la sumatoria de las UD que recolectan por piso, conforme los valores indicados en la Tabla 2.26.

Tabla 2.26. Dimensionamiento de bajantes sanitarias

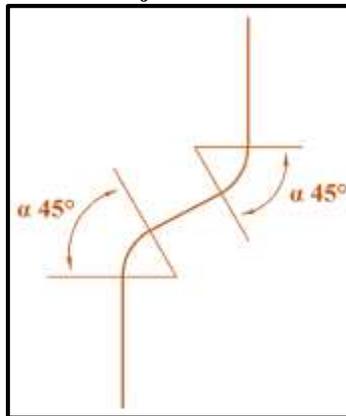
Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	N° máximo de unidades de descarga hidráulica UD	
	Edificios hasta 3 pisos	Edificios con más de 3 pisos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1900
200	2200	3600
250	3800	5600
300	6000	8400

Fuente: RENISDA

- La Tabla 2.26. está sujeta a las siguientes restricciones:
 - Ningún ramal de descarga de aguas residuales, correspondiente a un inodoro, debe desembocar a una bajante con un diámetro nominal menor a DN 100.

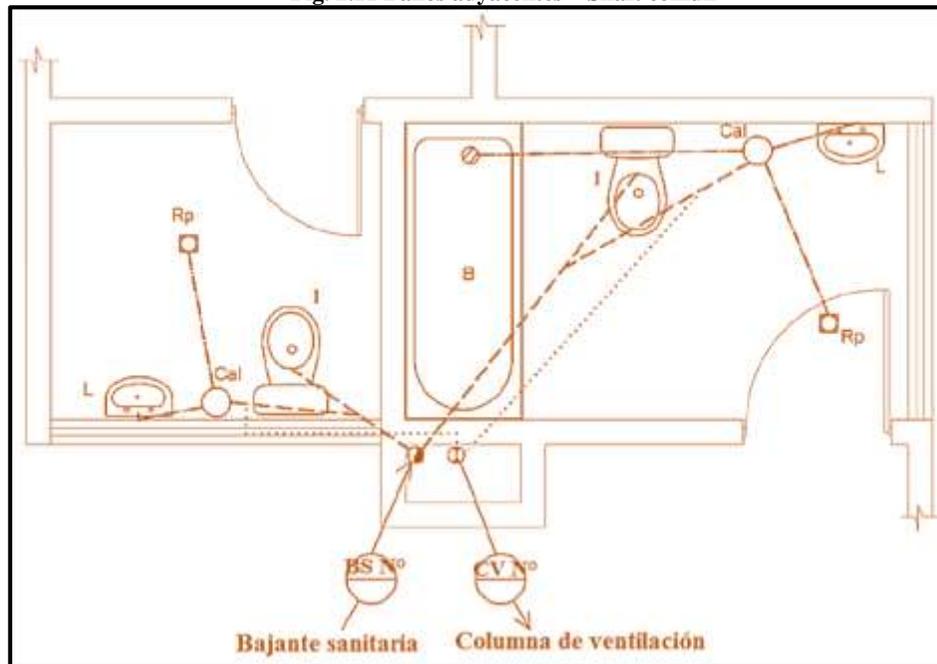
- Ninguna bajante de aguas residuales debe tener un diámetro inferior al diámetro de tubería conectada a ella.
- Toda bajante sanitaria debe ser prolongada, manteniendo el mismo diámetro, por encima de la cobertura, techo o terraza.
- Toda bajante debe tener diámetro uniforme y en lo posible un alineamiento vertical. En caso de que exista la necesidad de cambios de dirección en una bajante, estos deben ser realizados con piezas que formen un ángulo central de curvatura igual o inferior a 90° , de preferencia con curvas de radio largo o dos curvas de 45° , (ver Fig. 2.10).

Fig. 2.10 Desvío de bajante sanitaria en el plano vertical



Fuente: RENISDA

Fig. 2.11 Baños adyacentes – Shaft común



Fuente: RENISDA

- En edificios multifamiliares o de propiedad horizontal, o residencias unifamiliares, donde se tienen baños adyacentes o separados por una pared divisoria, la evacuación de aguas residuales se podrá realizar en una sola bajante sanitaria, (ver Fig. 2.11).
- La conexión de una bajante sanitaria con un colector domiciliario deberá ser hecha mediante cámaras de registro o inspección.
- Los tramos horizontales de las bajantes sanitarias con diámetros nominales iguales o menores que DN 75 deben ser instalados con una pendiente mínima del 2%.
- Los tramos horizontales de las bajantes sanitarias con diámetros nominales iguales o mayores a de DN 75 deben ser instalados con una pendiente mínima del 1%.

2.6.3.- Colectores sanitarios

- Las conexiones domiciliarias y colectores de alcantarillado sanitario domiciliarios se podrán dimensionar empleando la Tabla 2.27., en función al número de Unidades de Descarga Hidráulica, (ver Fig. 2.12).

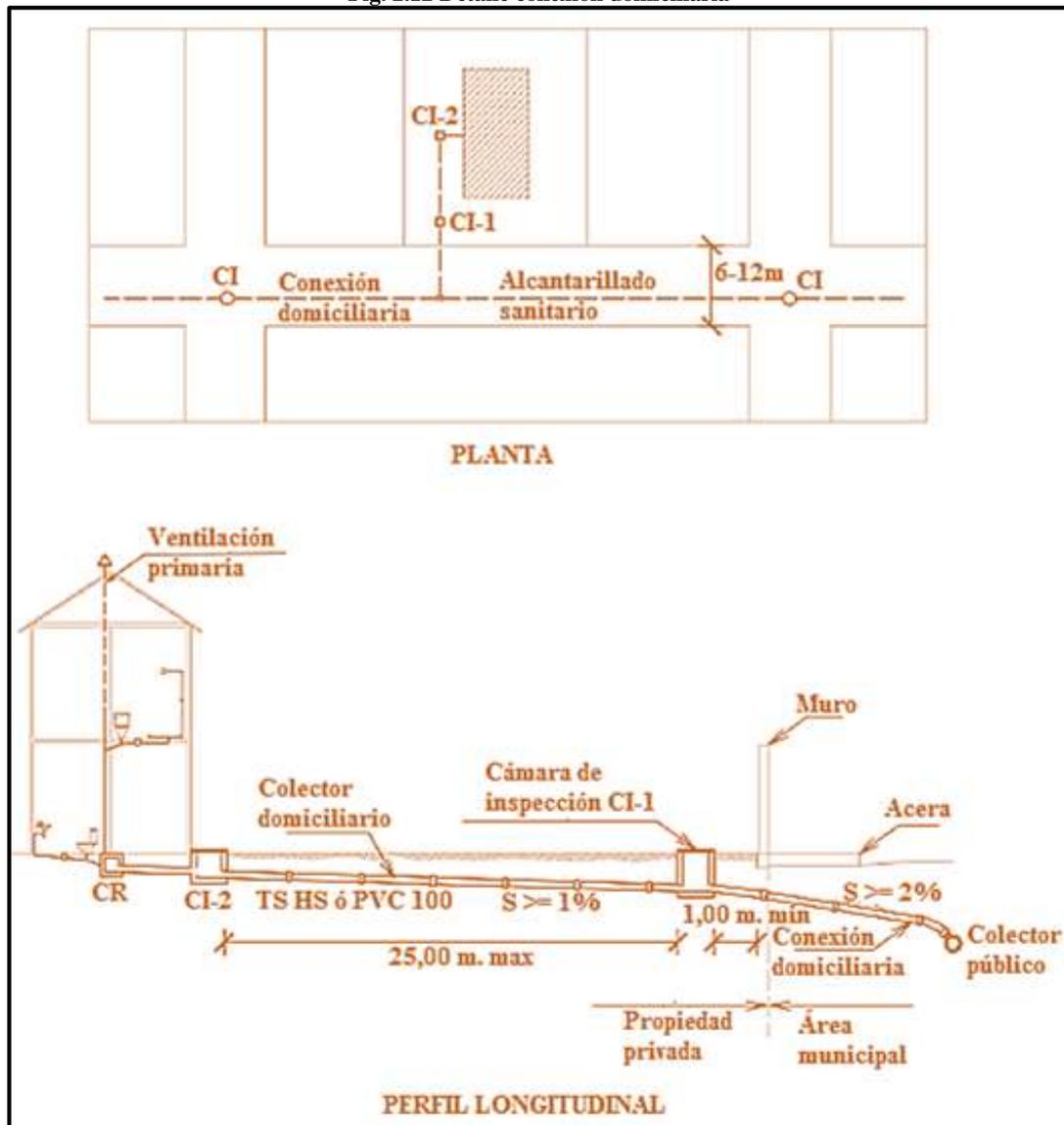
Tabla 2.27. Dimensionamiento de colectores de alcantarillado sanitario

Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	N° máximo de unidades de descarga hidráulica			
	Pendientes mínimas %			
	0,5	1	2	4
100		180	216	250
150		700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Fuente: RENISDA

- A objeto de determinar las UD de cada baño, para el dimensionamiento de los colectores domiciliarios, deberá tomarse en cuenta únicamente la contribución del artefacto sanitario de mayor descarga (por lo general un inodoro por baño). En los demás casos, deberá tomarse en cuenta la contribución de todos los artefactos sanitarios. Para determinación del caudal equivalente referirse a la Tabla de Hunter.
- El diámetro nominal mínimo de una conexión domiciliar de alcantarillado sanitario no deberá ser inferior a DN 100.

Fig. 2.12 Detalle conexión domiciliaria



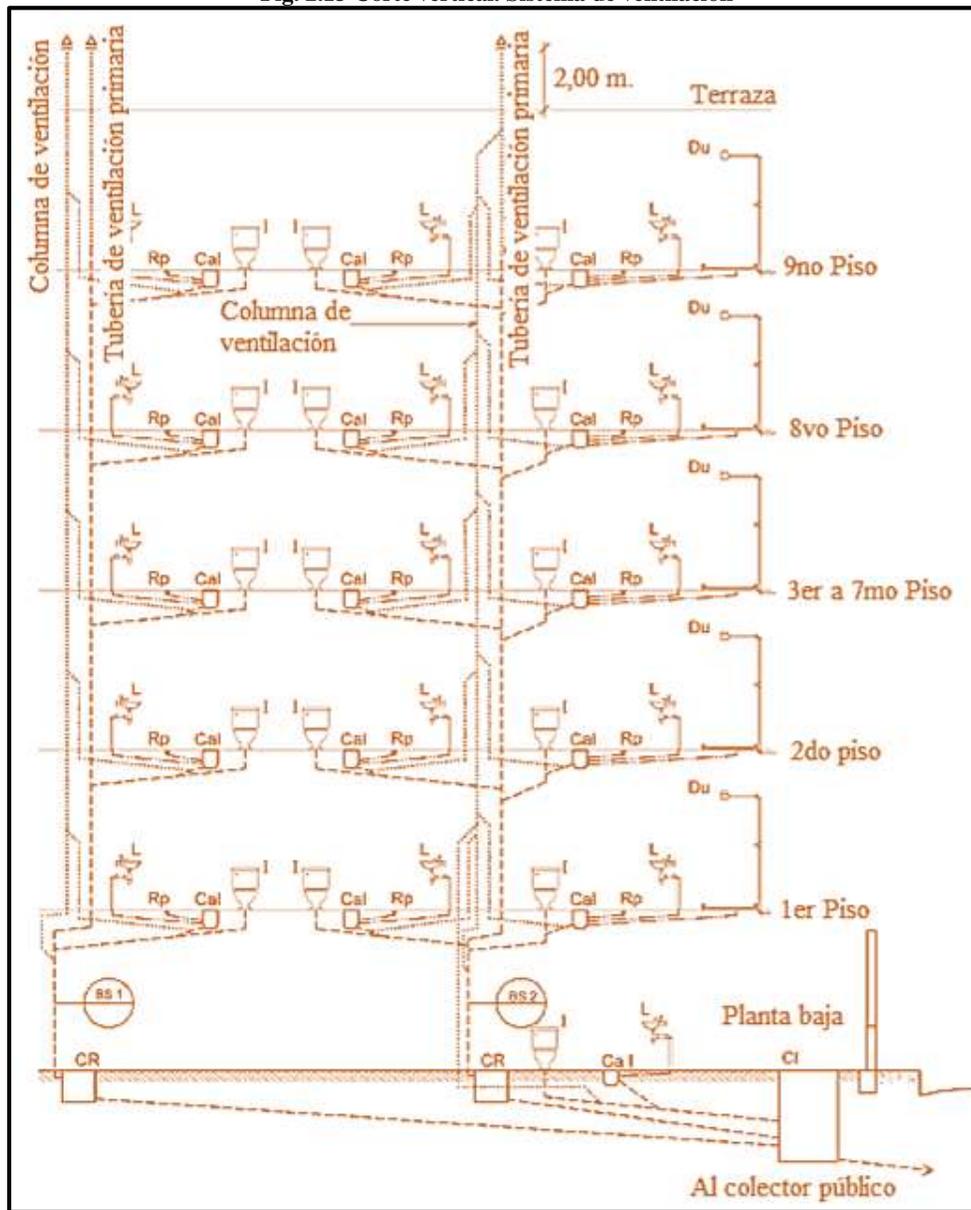
Fuente: RENISDA

- Los colectores domiciliarios de aguas residuales deberán ser instalados manteniendo una pendiente uniforme y respetando los valores mínimos de pendiente previstos en la Tabla 2.27.

2.6.4.- Ventilación

- 1) Toda instalación sanitaria de recolección y evacuación de aguas residuales debe ser provista de un sistema de ventilación consistente en:
 - i) Ventilación primaria.
 - ii) Ventilación secundaria

Fig. 2.13 Corte vertical. Sistema de ventilación

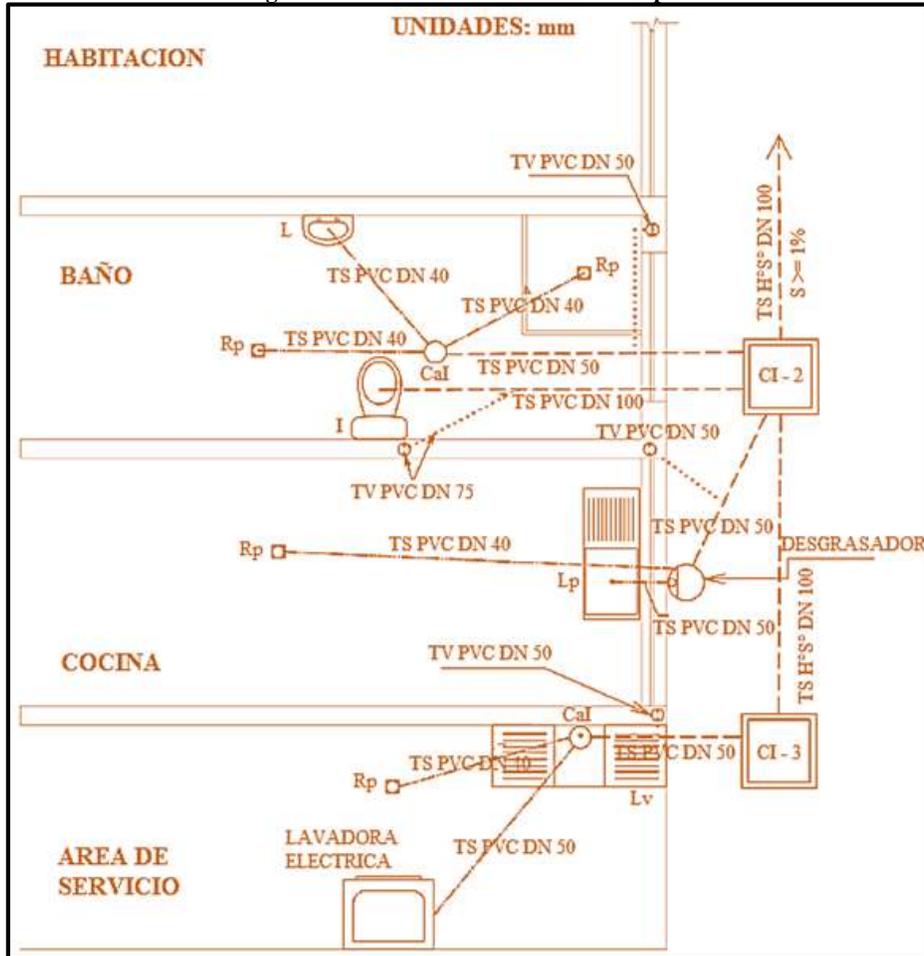


Fuente: RENISDA

- 2) La ventilación primaria es la provista para la evacuación de gases provenientes de los colectores domiciliarios de alcantarillado sanitario y las bajantes sanitarias. Esta ventilación se logra a través de la prolongación de las bajantes sanitarias hasta su contacto con la atmósfera, constituyéndose en un sistema de ventilación primaria. En caso de no existir bajantes sanitarias, el colector domiciliario deberá estar provisto de una ventilación primaria exclusiva, mediante la instalación de una tubería que se prolongue hasta su contacto con la atmósfera.

- 3) La ventilación secundaria consiste en ramales y columnas de ventilación que se conectan a los ramales de descarga o ramales sanitarios del sistema de evacuación de aguas residuales. Las columnas de ventilación pueden ser prolongadas hasta su contacto con la atmósfera o estar ligadas a la ventilación primaria en su extremo superior, (ver Fig.2.13).
- 4) La ventilación de una instalación domiciliar de aguas residuales debe ser diseñada de la siguiente forma:

Fig. 2.14 Ventilación en viviendas de un piso

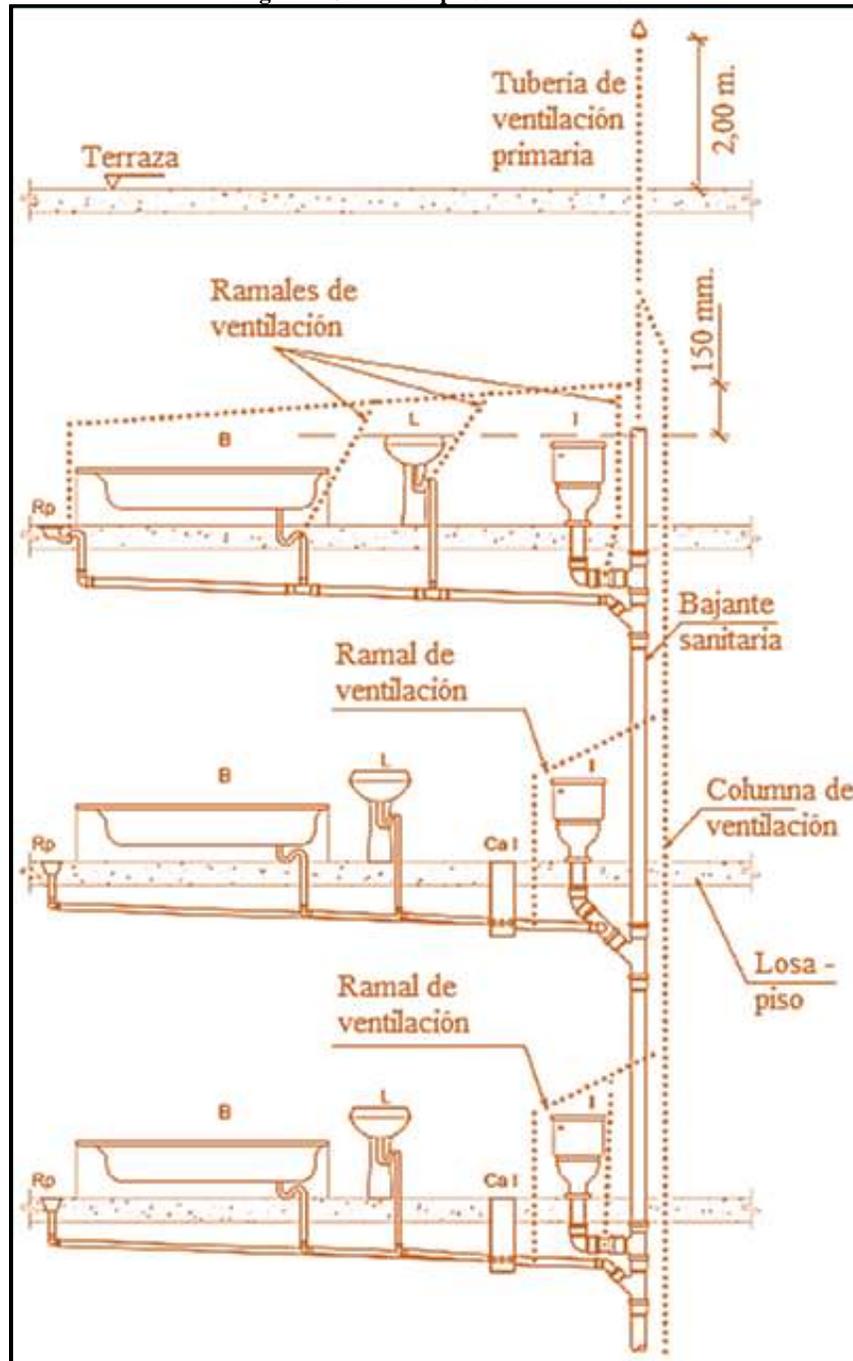


Fuente: RENISDA

- i) En inmuebles de un solo piso, debe existir al menos una columna de ventilación conectado a una cámara de inspección, en la unión con el colector domiciliario o en el ramal de descarga del inodoro. La columna de ventilación deberá ser prolongada hasta la cobertura o techo del inmueble. Si el inmueble es de tipo residencial y tiene un máximo de tres inodoros instalados, el tubo de ventilación podrá tener un diámetro nominal igual a DN 75, (ver Fig. 2.14).

- ii) En inmuebles de dos o más pisos, las bajantes sanitarias deben ser prolongadas por encima de la cobertura (ventilación primaria), debiendo todos los inodoros, cajas interceptoras y/o sifones individuales estar provistos de ramales ventilación individual de acuerdo con lo prescrito anteriormente, (ver Fig.2.13 y 2.15).

Fig. 2.15 Sistemas típicos de ventilación



Fuente: RENISDA

iii) En caso de que la ventilación primaria no sea suficiente se deberá prever la instalación de un sistema de ventilación secundaria constituida por columnas y ramales de ventilación, (ver Tabla 2.28.).

iv) Las columnas de ventilación se determinarán tomando en cuenta el número de unidades de descarga hidráulica (UD) y la longitud máxima permitida hasta su contacto con la atmósfera por encima de la cubierta, (ver Tabla 2.28.).

Tabla 2.28. Dimensionamiento de columnas y colectores múltiples de ventilación

Diámetro nominal de la bajante sanitaria o ramal sanitario (mm) DN	Unidades de descarga hidráulica ventiladas UD	Diámetro nominal mínimo de la tubería de ventilación (mm) DN								
		40	50	60	75	100	150	200	250	300
		Longitud máxima permitida (m)								
40	8	46								
40	10	30								
50	12	23	61							
50	20	15	46							
75	10	13	46	110	317					
75	21	10	33	82	247					
75	53	8	29	70	207					
75	102	8	26	64	189					
100	43	-	11	26	76	299				
100	140	-	8	20	61	229				
100	320	-	7	17	52	195				
100	530	-	6	15	46	177				
150	500	-	-	-	10	40	305			
150	1100	-	-	-	8	31	238			
150	2000	-	-	-	7	26	201			
150	2900	-	-	-	6	23	183			
200	1800	-	-	-	-	10	73	286		
200	3400	-	-	-	-	7	57	219		
200	5600	-	-	-	-	6	49	186		
200	7600	-	-	-	-	5	43	171		
250	4000	-	-	-	-	-	24	94	293	
250	7200	-	-	-	-	-	18	73	225	
250	11000	-	-	-	-	-	16	60	192	
250	15000	-	-	-	-	-	14	55	174	
300	7300	-	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13000	-	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	-	5	22	70	152

Fuente: RENISDA

- 5) La extremidad superior de toda columna de ventilación podrá prolongarse por encima de la cobertura del edificio o conectarse con la ventilación primaria, (ver Fig. 2.13 y 2.15).
- 6) En casos donde no resulte conveniente la prolongación de las columnas de ventilación por encima de las coberturas o techos, puede aplicarse el sistema de colector múltiple de ventilación (manifold) de acuerdo a lo descrito en el punto “17”).
- 7) Toda tubería que forma parte del sistema de ventilación deberá ser instalada de tal manera que se evite el estancamiento de líquidos que eventualmente pudieran ingresar a la misma, garantizando su escurrimiento por gravedad a la bajante sanitaria, ramal de descarga, o ramal sanitario donde la ventilación tiene su origen. Para este fin, los ramales de ventilación deberán instalarse con una pendiente no menor al 1% con relación al punto de conexión.
- 8) Toda caja interceptora o sifón individual debe ser ventilado mediante un ramal de ventilación conectado al ramal sanitario de la CaI o al ramal de descarga del sifón. La distancia de una caja interceptora o sifón individual a la ligación con el tubo o ramal de ventilación no deberá exceder los límites de la Tabla 2.29.

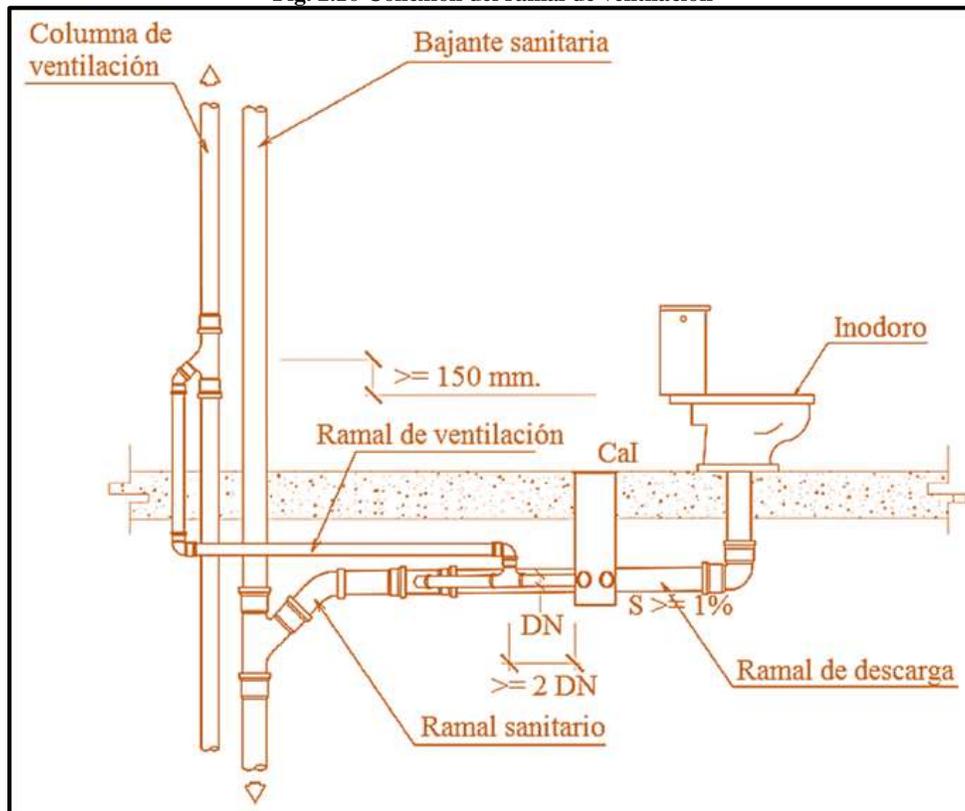
Tabla 2.29. Distancia máxima de una caja interceptora al ramal de ventilación

Diámetro nominal del ramal sanitario de descarga (mm)	Distancia máxima (m)
40	1,00
50	1,20
75	1,80
100	2,40

Fuente: RENISDA

- 9) La conexión de un ramal de ventilación o ventilación individual a una tubería horizontal de aguas residuales, ramal de descarga, ramal sanitario o colector, debe ser hecha en la parte superior del eje medio de la tubería a la cual se conecta, elevándose, antes de conectarse a otro tubo de ventilación, 150 mm o más por encima del nivel de rebose o nivel de desbordamiento del artefacto sanitario de mayor elevación, (ver Fig. 2.16).
- 10) Toda columna de ventilación deberá instalarse en lo posible siempre en forma vertical, en caso contrario, los cambios de dirección deberán ser hechos mediante curvas con un ángulo central no superior a 90°.

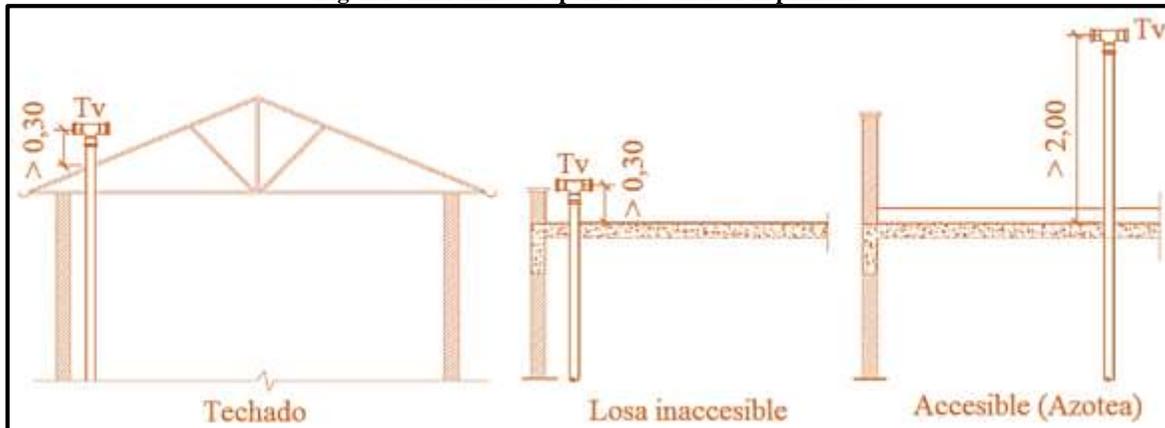
Fig. 2.16 Conexión del ramal de ventilación



Fuente: RENISDA

- 11) La extremidad superior de la tubería de ventilación primaria o de la columna de ventilación debe estar situada por encima de la cobertura de techo o terraza inaccesible, a una distancia no menor a 0,30 m y no menos de 2,0 m en caso de terrazas accesibles, debiendo en este último caso estar protegidos contra choques, accidentes y las inclemencias del tiempo, (ver Fig. 2.17).

Fig. 2.17 Extremidad superior de ventilación primaria



Fuente: RENISDA

- 12) La extremidad superior de toda columna de ventilación debe estar situada a una distancia no menor de 4 m de cualquier ventana, puerta u otro vano de ventilación, salvo en el caso de estar elevadas por lo menos 1 m por encima de los dinteles de las ventanas, puertas o vanos de ventilación.
- 13) Deben adoptarse los siguientes criterios para el dimensionamiento del sistema de ventilación secundario:
- i) Ramal de ventilación: El diámetro nominal no debe ser inferior a los indicados en la Tabla 2.30.

Tabla 2.30. Dimensionamiento de ramales de ventilación

Grupo de artefactos sanitarios sin inodoros		Grupo de artefactos sanitarios con inodoro	
N° de unidades de descarga hidráulica UD	Diámetro nominal del ramal de ventilación (mm) DN	N° de unidades de descarga hidráulica UD	Diámetro nominal del ramal de ventilación (mm) DN
Hasta 12	40	Hasta 17	50
13 - 18	50	18 - 60	75
19 - 36	75		

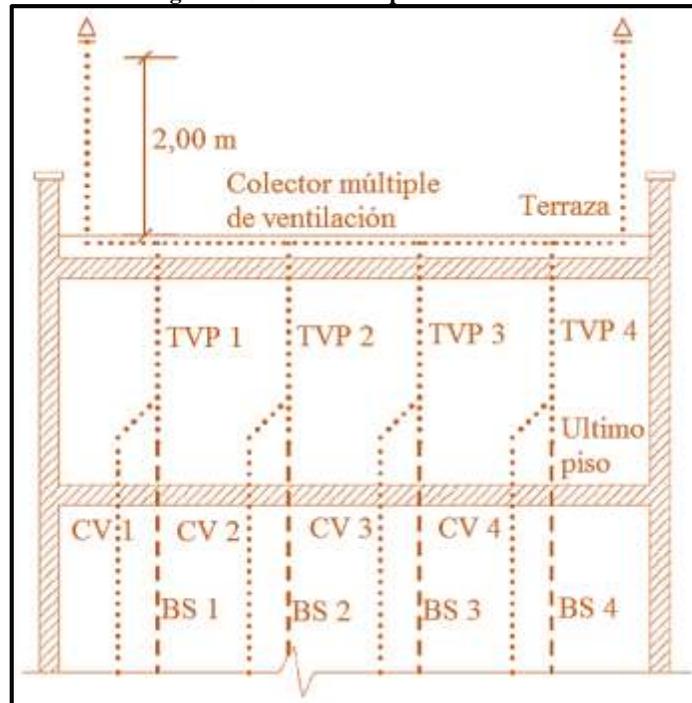
Fuente: RENISDA

- ii) Columna de ventilación: El diámetro nominal debe estar de acuerdo a lo determinado en la Tabla 2.28. Se incluye en la longitud de la columna de ventilación el tramo de ventilación primaria comprendido entre el punto de conexión de la columna de ventilación con la extremidad superior de la ventilación primaria.
- iii) Toda columna de ventilación debe mantener un diámetro uniforme en toda su longitud.
- iv) Ramal de ventilación de alivio: El diámetro nominal es igual al diámetro nominal de la columna de ventilación a la cual está ligada.
- v) Los tramos de ventilación individuales y ramales de ventilación: Tendrán un diámetro no menor a DN 40 ni menos de la mitad del diámetro del ramal de descarga o ramal sanitario al que estuviere conectado.
- 14) Cuando las cajas interceptoras o sifones individuales descargan a una bajante sanitaria que no recibe efluentes de inodoros y urinarios, la ventilación de los ramales de descarga / ramal sanitario deberán respetar las distancias indicadas en la Tabla 2.29.
- 15) La extremidad superior de todo ramal de ventilación debe estar ligado a un tubo de ventilación primario o columna de ventilación u otro ramal de ventilación, manteniendo

una diferencia de altura mayor a 150 mm con relación al nivel de rebose o nivel de desbordamiento del artefacto sanitario de mayor cota.

- 16) La conexión del tramo de ventilación correspondiente al ramal de descarga de una caja interceptora deberá estar ubicada a una distancia, con relación al orificio de salida de la CaI, no inferior al doble del diámetro del ramal de descarga, (ver Fig. 2.16).

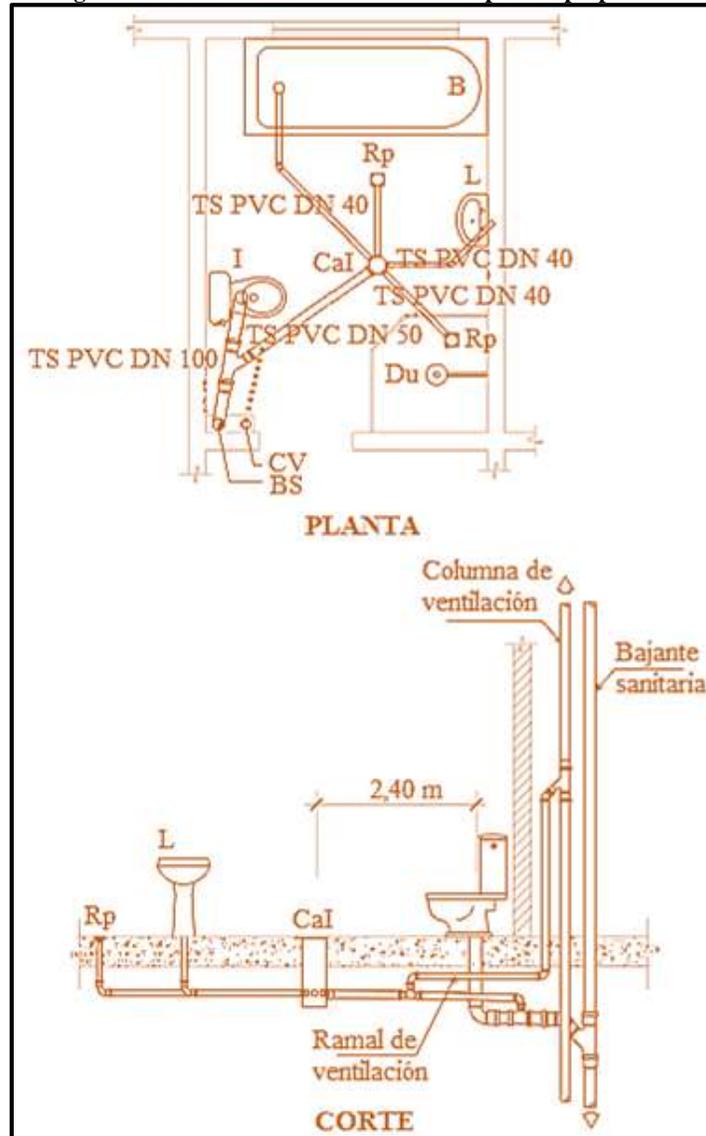
Fig. 2.18 Colector múltiple de ventilación



Fuente: RENISDA

- 17) Las extremidades superiores de las columnas de ventilación pueden ser interconectadas a un colector múltiple de ventilación (tipo manifold, ver Fig. 2.18). El diámetro de cada tramo se determinará de acuerdo a la Tabla 2.28. Las UD de cada trecho es resultado de la sumatoria de las UD de todas las bajantes sanitarias servidas por el tramo. La longitud de desarrollo a considerar es la mayor distancia medida desde la base de la columna de ventilación más alejada hasta el extremo superior del colector múltiple.
- 18) Todo inodoro debe tener su respectivo ramal de descarga ventilado individualmente. Se exceptúa de la ventilación individual cuando el ramal de descarga del inodoro esté conectado a un ramal sanitario de una CaI que ya cuenta con ventilación. Esta condición debe cumplirse cuando la distancia entre el eje de la tubería de salida del inodoro y el punto de conexión con el ramal sanitario no excede los 2,40 m y cuando el diámetro del tramo de ventilación del ramal sanitario no sea inferior a DN 50, (ver Fig. 2.19.a y 2.19.b).

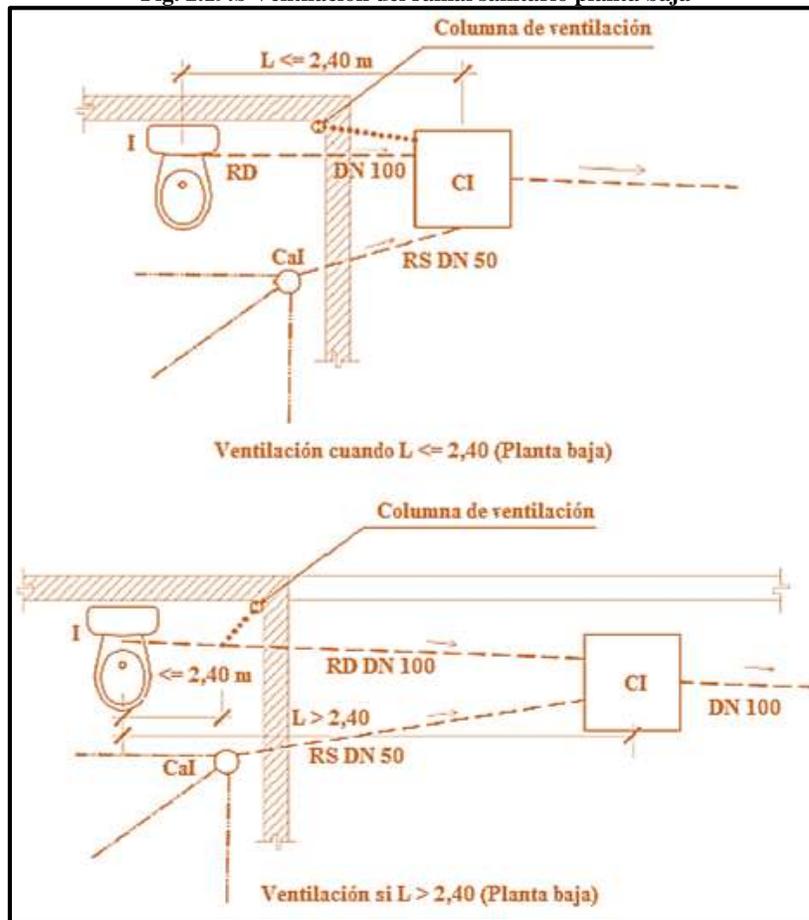
Fig. 2.19.a Ventilación del ramal sanitario pisos superpuestos



Fuente: RENISDA

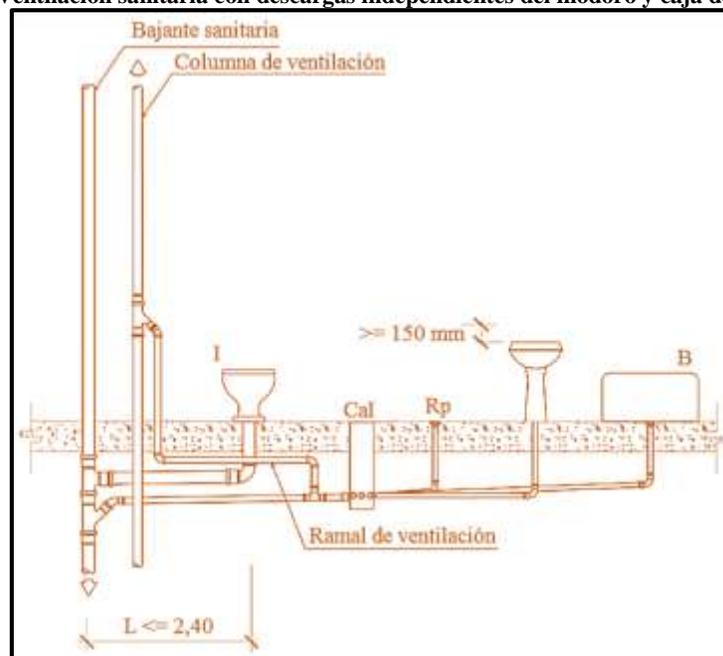
- 19) Se exceptúa de la ventilación del ramal de descarga de un inodoro cuando el ramal esté ligado a una bajante sanitaria que se encuentra a una distancia no mayor a los 2,40 m, siempre que esta bajante reciba, inmediatamente aguas abajo, otros ramales de descarga o ramales sanitarios debidamente ventilados, (ver Fig. 2.20).
- 20) Cuando no fuera posible la ventilación individual del ramal de descarga de un inodoro y no existiendo las condiciones previstas en el punto "18)", la bajante sanitaria, que recibe las descargas del inodoro, debe ser ventilada inmediatamente aguas abajo del punto de conexión con el ramal de descarga del inodoro y ejecutada de acuerdo a lo descrito en el punto "15)", (ver Fig. 2.21).

Fig. 2.19.b Ventilación del ramal sanitario planta baja



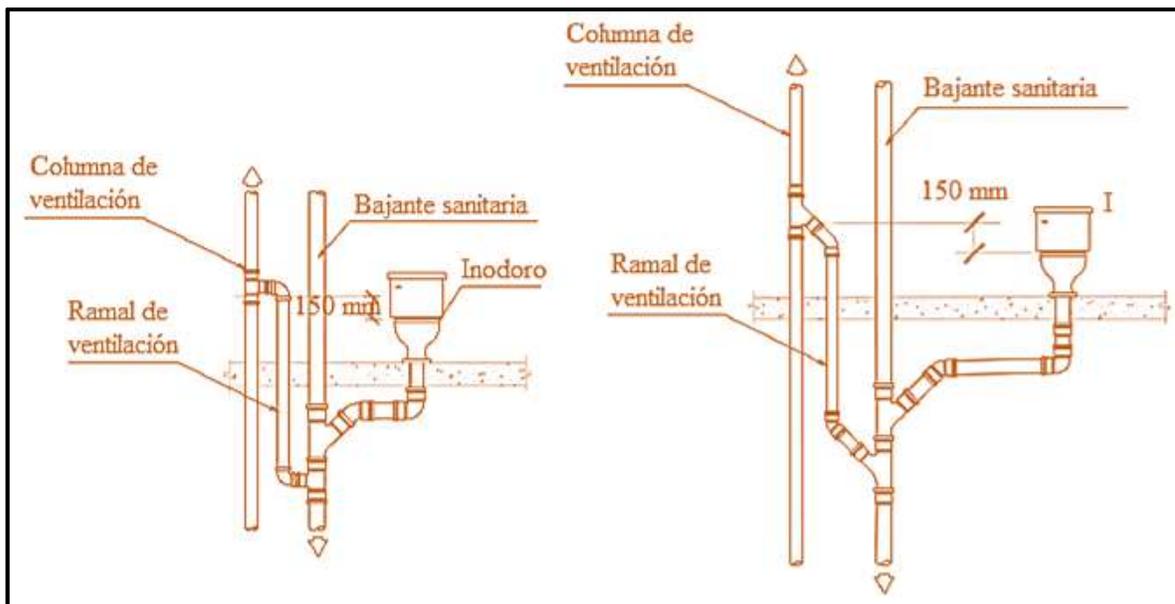
Fuente: RENISDA

Fig. 2.20 Ventilación sanitaria con descargas independientes del inodoro y caja de inspección



Fuente: RENISDA

Fig. 2.21 Dificultad de ventilación del inodoro



Fuente: RENISDA

2.6.5.- Dispositivos de inspección y limpieza del sistema de desagüe

Toda tubería de aguas residuales debe ser accesible para su limpieza y mantenimiento, para lo cual se deberán emplear cámaras de inspección, registros de inspección o piezas especiales.

Toda bajante sanitaria deberá poseer un registro de inspección instalado al pie de la bajante, de manera que se permita su fácil limpieza o desobstrucción, (ver Fig. 2.22).

En las cajas interceptoras, desgrasadores, rejillas de piso y sumidores, deben ser empleados dispositivos que faciliten la abertura de las tapas para su inspección.

Las piezas especiales de registro pueden ser instaladas en los cambios de dirección de las bajantes sanitarias, en las tuberías horizontales suspendidas de los entrepisos, en los ramales sanitarios de una batería de artefactos sanitarios y en aquellos casos donde existan puntos o zonas singulares que no sean accesibles para la limpieza o desobstrucción de los mismos.

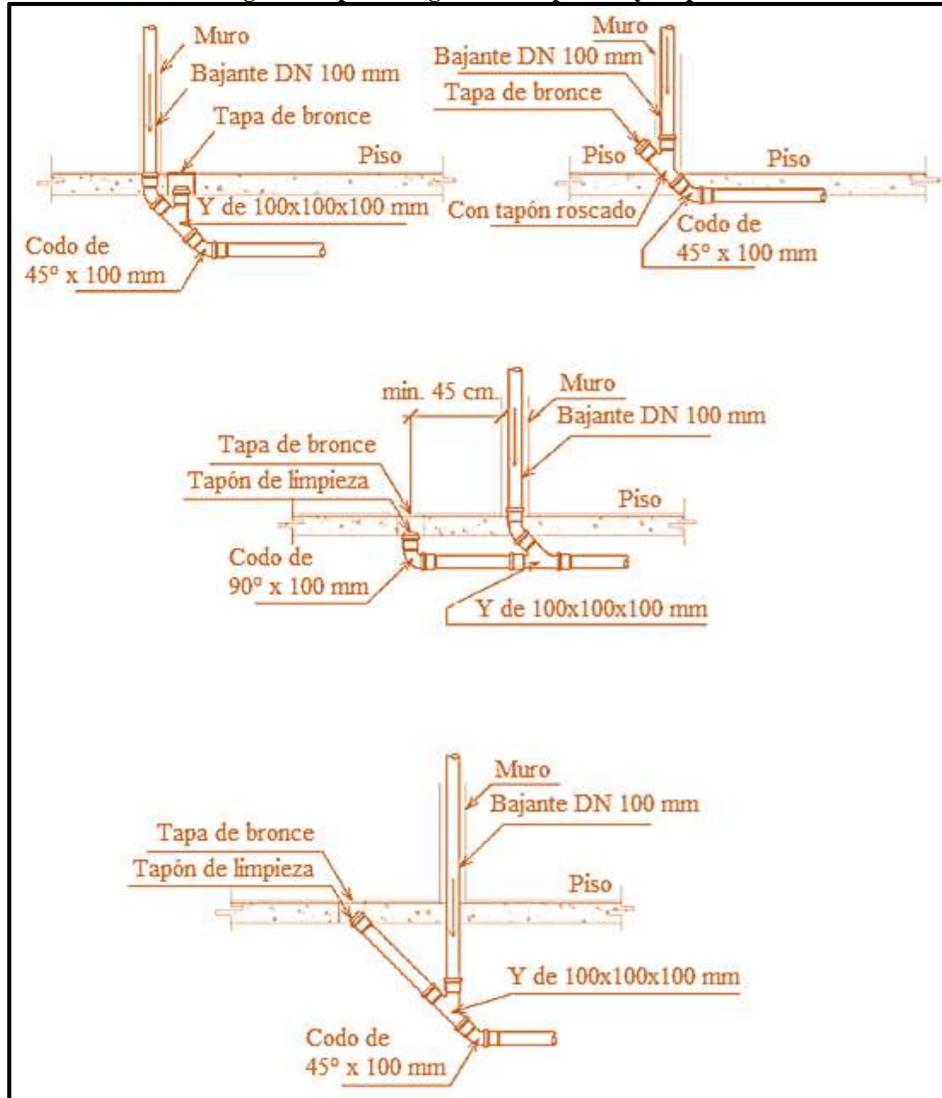
Los dispositivos de registro podrán ser piezas de PVC, fierro fundido o fierro dúctil, provistos de una tapa situada en un extremo de la pieza o en la generatriz superior de la misma. La tapas o cubiertas serán herméticas y removibles.

Los registros se ubicarán en lugares fácilmente accesibles.

Se colocarán registros en todos los casos indicados a continuación:

- i) Al comienzo de cada ramal horizontal suspendido (en los entrepisos) que conecte a dos o más artefactos sanitarios (batería de artefactos sanitarios).
- ii) Cada dos cambios de dirección en los conductos horizontales suspendidos.
- iii) Cada quince metros en los conductos horizontales de las bajantes sanitarias que se encuentran suspendidos en los entrepisos.

Fig. 2.22 Tipos de registro de inspección y limpieza



Fuente: RENISDA

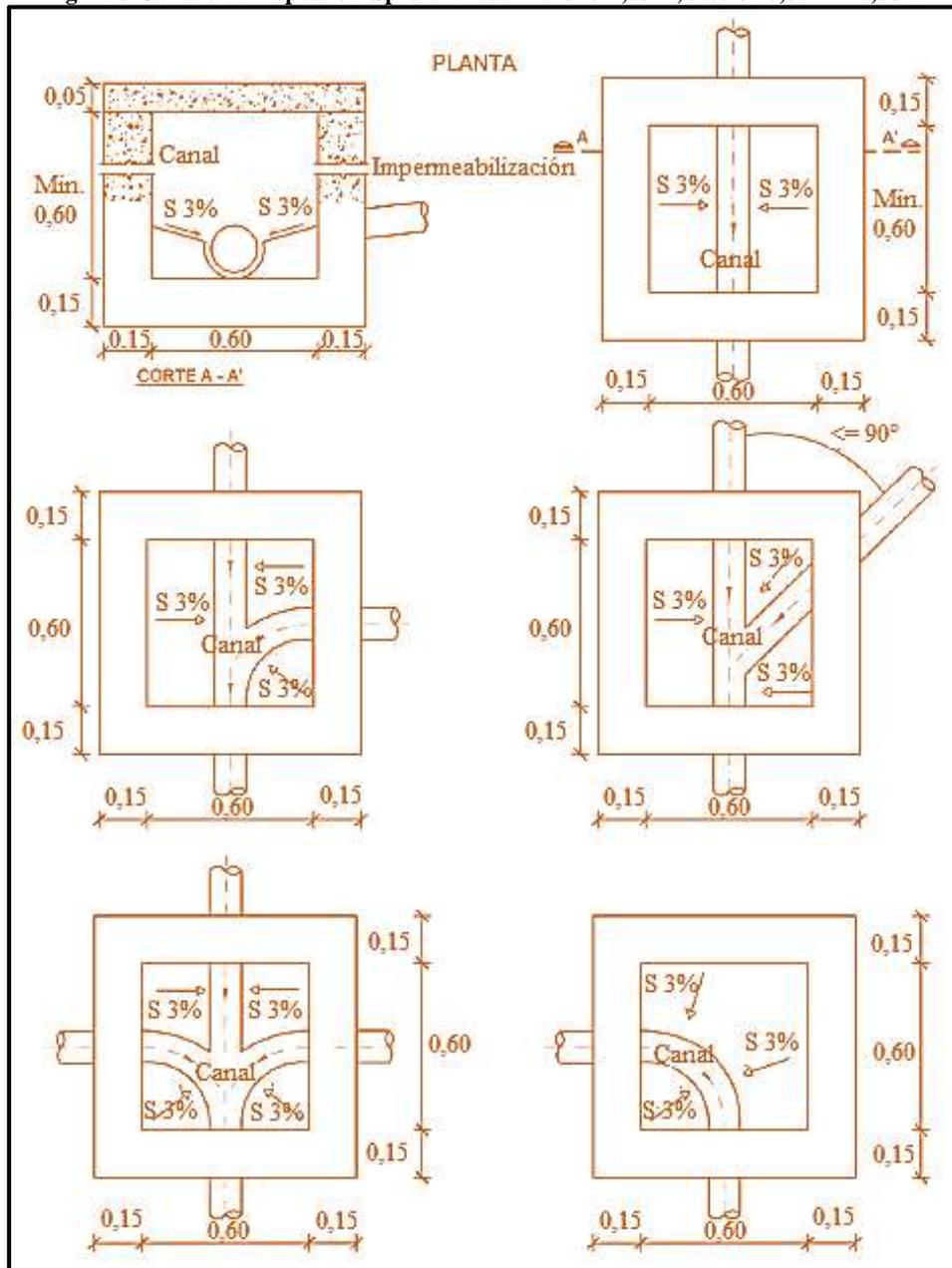
2.6.6.- Cámaras de inspección

La limpieza y mantenimiento de los colectores domiciliarios, ramales de descarga y ramales sanitarios, debe ser hecha a través de cajas interceptoras, cámaras de inspección, cámaras de

registro, dependiendo su localización y número, de las condiciones locales y del trazado de las tuberías de desagüe.

Todo sistema de alcantarillado sanitario domiciliario deberá estar dotado de suficiente número de cámaras de registro y de inspección de manera que se facilite su limpieza y mantenimiento. La distancia entre cámaras de inspección no debe superar los 25 m. Podrán ubicarse cámaras de inspección en los siguientes puntos singulares:

Fig. 2.23 Cámara de inspección c/profundidad menor a 1,00 m, sección 0,60 m x 0,60 m



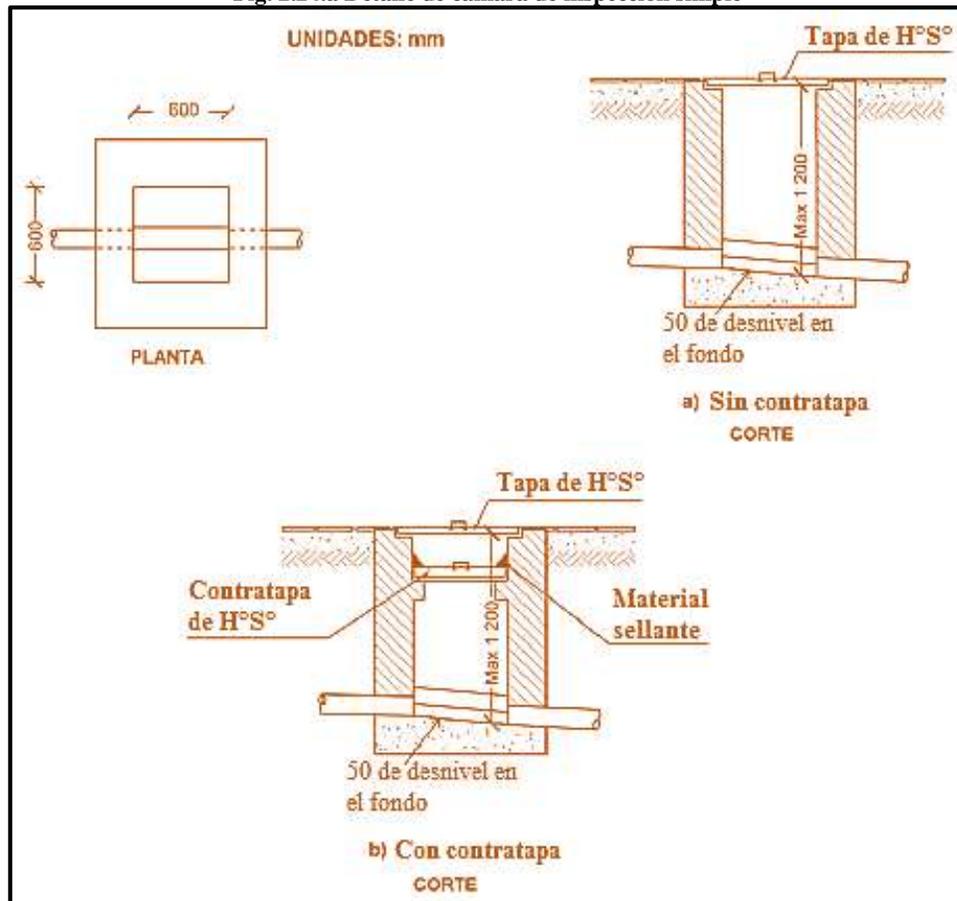
Fuente: RENISDA

- i) Arranque
- ii) Cambio de dirección
- iii) Cambio de diámetro
- iv) Cambio de pendiente
- v) Cambio de material
- vi) Intersecciones
- vii) Caídas

La longitud de los ramales de descarga y ramales sanitarios de inodoros y cajas interceptoras, que descargan a una cámara de inspección, no debe superar los 10 m.

Las cámaras de inspección que reciban la contribución de dos o más colectores domiciliarios, deben considerar un desnivel entre el ingreso y la salida igual o mayor a los 5 cm por encima del fondo de la cámara.

Fig. 2.24.a Detalle de cámara de inspección simple

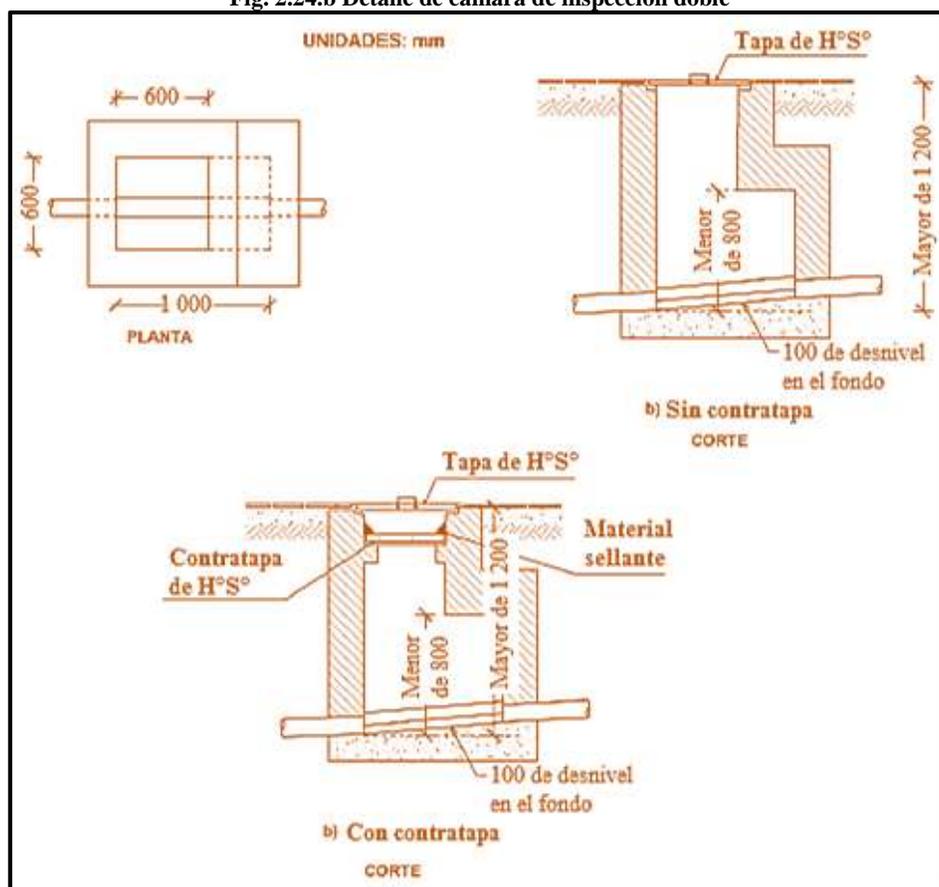


Fuente: RENISDA

Todo colector que desemboca a una cámara de inspección para su conexión con un colector principal, debe formar un ángulo no menor a los 90° respecto al colector principal, medido en el sentido del flujo, (ver Fig. 2.23).

Las cámaras de inspección deberán ser construidas impermeables al paso de líquidos y gases y emplear los materiales autorizados de acuerdo a las dimensiones y especificaciones del presente Reglamento, (ver Fig. 2.23; 2.24.a y 2.24.b).

Fig. 2.24.b Detalle de cámara de inspección doble



Fuente: RENISDA

Las dimensiones mínimas de las cámaras de inspección serán las indicadas en la Tabla 2.31.

Tabla 2.31. Cámaras de inspección. Dimensiones

Profundidad de la cámara (m)	Sección		Tapa	
	Circular	Cuadrada	Circular	Cuadrada
	Diámetro (m)	(m x m)	Diámetro (m)	(m x m)
Menor a 1,20	0,60	0,60 x 0,60	0,70	0,70 x 0,70
Entre 1,20 - 2,00	1,00	1,00 x 1,00	1,20	1,20 x 1,20
Mayor a 2,00	1,20		0,70	

Fuente: RENISDA

La banqueta del fondo de la cámara deberá tener una inclinación del 3%, hacia el canal de salida.

Los canales de ingreso y salida de toda cámara de inspección deberán tener un diámetro igual a los correspondientes de las tuberías de ingreso y/o salida.

Las cámaras de inspección podrán poseer una tapa adicional de seguridad contra la fuga de gases cloacales localizada a una distancia no mayor a los 0,30 m del nivel del piso terminado, (ver Fig. 2.24.a).

2.6.7.- Cámaras de registro

- 1) Las cámaras de registro deberán instalarse en toda unión de una bajante sanitaria con el alcantarillado sanitario del inmueble, de manera que se facilite la limpieza e inspección de la bajante y/o colector sanitario, (ver Fig. 2.13).
- 2) Las cámaras de registro deberán tener por lado una dimensión igual a DN + 300 mm.
- 3) Las cámaras de registro podrán instalarse en viviendas con un número de plantas de hasta tres pisos. En viviendas con un número superior de pisos deberán emplearse cámaras de inspección simples.

2.6.8.- Profundidad del colector

El tendido de todo colector sanitario deberá realizarse en zanjas con un ancho mínimo igual a DN + 300 mm. La profundidad del colector, medida desde el nivel de piso terminado a la clave del tubo, deberá cumplir con las mínimas indicadas en la Tabla 2.32.

Tabla 2.32. Profundidad mínima para tuberías de alcantarillado sanitario

Cargas	Profundidad mínima (m)
Circulación peatonal al interior de lotes, jardines	0,30
Circulación peatonal en aceras y veredas publicas	0,60
Tráfico de vehículos livianos	0,80
Tráfico de vehículos pesados	1,20

Fuente: RENISDA

Los colectores sanitarios deben estar asentados en zanjas con terrenos resistentes, libres de desechos, rocas salientes o piedras sueltas. El fondo de la zanja deberá ser uniforme con una base de gravilla (con un tamaño máximo de ½”), arena o tierra suelta de al menos 0,10 m de espesor. Los tubos deberán estar en contacto con la capa base en toda su longitud.

En zonas de riesgo de congelamiento, la profundidad mínima de las zanjias no deberá ser menor a los 0,60 m. En el caso de las tuberías verticales y horizontales suspendidas se deberá prever una protección térmica resistente al congelamiento.

2.6.9.- Planillas de cálculo del sistema de evacuación de aguas residuales

2.6.9.1.- Planillas de cálculo para ramales de descarga

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)		(10)
N°	Piso	Lugar	N° de Artefacto	Ramal	Longitud Ramal (m)	Artefacto	UDH.	DN		P.min.
								mm	plg.	i (%)

Columna (1) N°

Número de ramales de descargas que se van a calcular.

Columna (2) Piso

Es el número de piso, o pisos si es que contienen el mismo diseño donde se desea calcular.

Columna (3) Lugar

Se identificara el lugar donde se está diseñando, ejem. El baño, cocina, lavandería, etc.

Columna (4) N° de artefacto

Identifica la cantidad de artefactos que desalojaran sus efluentes hacia el ramal de descarga.

Columna (5) Ramal

Para identificar que se está calculando para el ramal de descarga.

Columna (6) Longitud Ramal (m)

Se introducirá la longitud del ramal de descarga y en función del diámetro columna (9) se determinara la longitud de tubería que se requiere.

Columna (7) Artefacto

Es el tipo de artefacto sanitario a calcular.

Columna (8) UDH.

Se debe introducir las unidades de descarga de acuerdo a la **Tabla 2.23. y 2.24.** en función del tipo de artefacto sanitario columna (7) a descargar por el ramal de descarga.

Columna (9) DN en (mm) y (plg.)

Se selecciona de la **Tabla 2.23. y 2.24.** en función del tipo de artefacto columna (7) a descargar por el ramal de descarga.

Columna (10) P.min. i(%)

Si el DN columna (9) es mayor o igual a 100 mm se utilizara una pendiente de 1% y si DN columna (9) es menor o igual a 75 mm la pendiente será de 2%.

2.6.9.2.- Planillas de cálculo para ramales sanitarios

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)										(7)										(8)	(9)		(10)
N°	Piso	Ts(N°)	Ramal	Longitud Ramal (m)	N° de Artefactos sanitarios										UDH de Artefactos sanitarios										UDH Acumulada	DN		P.min. i (%)
					I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv	Rp	I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U		Lv	Rp	

Columna (1) N°

Número de ramales sanitarios que se calcularán.

Columna (2) Piso

Es el número de piso donde se desea calcular.

Columna (3) Ts(N°)

Identifica el número de tubería sanitaria a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (4) Ramal

Para identificar que se está calculando para el ramal sanitario.

Columna (5) Longitud Ramal (m)

Se debe introducir la longitud del ramal sanitario que en función del diámetro columna (9) se determinara la longitud de tubería que se requiere.

Columna (6) N° de artefactos sanitarios

Es la cantidad de artefactos sanitarios que desalojaran sus efluentes al ramal sanitario.

Columna (7) UDH. De artefactos sanitarios

En estas casillas resulta del producto entre el número de artefacto sanitario columna (6) y la unidad de descarga correspondiente a dicho artefacto que se obtiene de la **Tabla 2.23. y 2.24.**

Columna (8) UDH. Acumulada

Es la suma de todas las casillas de la columna (7).

Columna (9) DN en (mm) y (plg.)

Está en función a la **Tabla 2.25.** de acuerdo a la UDH. Acumulada columna (8).

Columna (10) P.min. i(%)

Si el DN columna (9) es $> o = a$ 100mm se utilizara una pendiente de 1% y si DN columna (9) es $< o = a$ 75mm la pendiente es de 2%.

2.6.9.3.- Planillas de cálculo para ramales de ventilación

(1) N°	(2) Piso	(3) Tv(N°)	(4) Ramal de	(5) Longitud Ramal (m)	(6) N° de Artefactos sanitarios													(7) UDH de Artefactos sanitarios										(8) UDH Acumulada	(9) DN		(10) P.min. i (%)	(11) Dist. Max. (CaI.) al ramal (m)
																													mm	plg.		
					I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv	Rp	I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv	Rp						

Columna (1) N°

Número de ramales de ventilación que se van a calcular.

Columna (2) Piso

Es el número de piso donde se desea calcular.

Columna (3) Tv(N°)

Identifica el número de tubería de ventilación a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (4) Ramal de

Para identificar que se está calculando para el ramal de ventilación.

Columna (5) Longitud Ramal (m)

Se debe introducir la longitud del ramal de ventilación que en función del diámetro columna (9) se determinara la longitud de tubería que se requiere.

Columna (6) N° de artefactos sanitarios

Es la cantidad de artefactos sanitarios que serán ventilados a través del ramal de ventilación.

Columna (7) UDH. De artefactos sanitarios

En estas casillas resulta del producto entre el número de artefacto sanitario columna (6) y la unidad de gasto correspondiente a dicho artefacto que se obtiene de la **Tabla 2.23. y 2.24.**

Columna (8) UDH. Acumulada

Es la suma de todas las casillas de la columna (7).

Columna (9) DN en (mm) y (plg.)

Está en función a la **Tabla 2.30.** de acuerdo a la UDH. Acumulada columna (8).

Columna (10) P.min. i(%)

Para cualquier DN columna (9) la pendiente deberá ser 1%.

Columna (11) Distancia máxima de (CaI.) al ramal de ventilación

Está en función a la **Tabla 2.29.** de acuerdo al DN del ramal sanitario de descarga de las planillas de cálculo para ramales sanitarios en la columna (9).

2.6.9.4.- Planillas de cálculo para bajantes sanitarias

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)										(7)										(8)	(9)		(10)
N°	N°	Piso	Ubicación de la Bajante	Longitud Bajante (m)	N° de artefactos por bajante										UDH.										UDH.	DN		P.min.
	Bajante				I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv	Rp	I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv	Rp	Acumulado	mm

Columna (1) N°

Número de bajantes sanitarias que se calcularán.

Columna (2) N° Bajante

Identifica el número de bajante a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (3) Piso

Es el número de piso donde se inicia y el piso donde termina la bajante sanitaria que se desea calcular.

Columna (4) Ubicación de la Bajante

Determinar la posición que se encuentra la bajante que puede ser horizontal o vertical.

Columna (5) Longitud Bajante (m)

Se debe introducir la longitud de la bajante sanitaria que en función del diámetro columna (9) se determinara la longitud de tubería que se requiere.

Columna (6) N° de artefactos sanitarios por bajante

Es la cantidad de artefactos sanitarios que descargaran sus efluentes por la bajante.

Columna (7) UDH.

En estas casillas resulta del producto entre el número de artefacto sanitario columna (6) y la unidad de gasto correspondiente a dicho artefacto que se obtiene de la **Tabla 2.23. y 2.24.**

Columna (8) UDH. Acumulada

Es la suma de todas las casillas de la columna (7).

Columna (9) DN en (mm) y (plg.)

Está en función a la **Tabla 2.26.** de acuerdo a la UDH. Acumulada columna (8).

Columna (10) P.min. i(%)

De dará una pendiente solo cuando la ubicación de la bajante es horizontal; si el DN columna (9) es mayor o igual a 100 mm se utilizara una pendiente de 1% y si DN columna (9) es menor o igual a 75 mm la pendiente será de 2%.

2.6.9.5.- Planillas de cálculo para columnas de ventilación

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)										(6)										(7)
N°	N°	Piso	Longitud Columna (m)	N° de artefactos por columna										UDH.										UDH.
	Columna			I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv	Rp	I	B	Bt	Bh	Du	L	Lp	LE	U	Lv

(8)		(9)		(10)	(11)	(12)
DN (Bajante)		DN (Ventilación)		L.max. Vent.	L.Total.tubería	L.m.v.>L.T.t.
mm	plg.	mm	plg.	m	m	m

Columna (1) N°

Número de columnas de ventilación que se van a calcular.

Columna (2) N° Columna

Identifica el número de columna de ventilación a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (3) Piso

Es el número de piso donde se inicia y el piso donde termina la columna de ventilación requerida.

Columna (4) Longitud Columna (m)

Se debe introducir la longitud de la columna de ventilación que en función del diámetro columna (8) se determinará la longitud de tubería que se requiere.

Columna (5) N° de artefactos sanitarios por columna

Es la cantidad de artefactos sanitarios que serán ventilados por la columna de ventilación.

Columna (6) UDH.

En estas casillas resulta del producto entre el número de artefacto sanitario ventilados columna (5) y la unidad de gasto correspondiente a dicho artefacto que se obtiene de la **Tabla 2.23. y 2.24.**

Columna (7) UDH. Acumulada

Es la suma de todas las casillas de la columna (6).

Columna (8) DN (Bajante) en (mm) y (plg.)

Es el diámetro calculado en las bajantes sanitarias de las planillas de cálculo para bajantes sanitarias en la columna (9), este diámetro de la bajante sanitaria será ventilado por la columna de ventilación correspondiente.

Columna (9) DN (Ventilación) en (mm) y (plg.)

Está en función a la **Tabla 2.28.** de acuerdo a la UDH. Acumulada columna (7) y el DN de la bajante sanitaria columna (8).

Columna (10) L.max. de Ventilación en (m)

Una vez obtenido el diámetro de ventilación columna (9) también se conocerá la longitud máxima de ventilación de la **Tabla 2.28.**

Columna (11) L. Total. tubería (m)

Es la adición de la columna de ventilación y el ramal de ventilación de las planillas de cálculo para ramales de ventilación columna (5), de acuerdo al número de columna de ventilación columna (2) y el ramal de ventilación que se junta con dicha columna.

Columna (12) L.m.v. > L.T.t. (m)

Se debe cumplir la condición de que la L.max. de Ventilación columna (10) debe ser mayor a L. Total. tubería columna (11), caso contrario se debe seleccionar otro diámetro de columna de ventilación columna (9) que cumpla la condición establecida.

2.6.9.6.- Planillas de cálculo para colectores de alcantarillado sanitario

(1)	(2)		(3)	(4)	(5)	(6)		(7)		(8)	(9)			(10)			(11)	(12)	
N°	Tramo		N° Colector	Cargas	U.D.H.	Qd		S		DN		Tubo Lleno			Parcialmente Lleno			Vc	τ
	De	A			Tramo	(m ³ /s)	(L/s)	m/m	%	mm	plg.	Q(m ³ /s)	(L/s)	V(m/s)	Yn(mm)	v(m/s)	rh(m)	m/s	Pa

(13)		(14)	(15)		(16)		(17)	(18)		(19)	(20)		
Cota terreno (CT)		Longitud Horizontal (m)	Profundidad a CR		Cota radier (CR)		Longitud Tubería (m)	Profundidad de Exc.		Ancho Zanja (m)	Volúmenes (m ³)		
Inicio	Final		Inicio	Final	Inicio	Final		Inicio	Final		Excavación	Arena	Relleno

Columna (1) N°

Número de tramos que se calcularán.

Columna (2) Tramo (De – A)

Es el tramo entre los puntos a calcular (según la numeración dada inicio y final)

Columna (3) N° Colector C(N°)

Identifica el número de colector a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (4) Cargas

Sirve para determinar la profundidad mínima que debe tener la tubería o colector de alcantarillado sanitario en función de las cargas de acuerdo a la **Tabla 2.32**.

Columna (5) UDH. Tramo

Es la cantidad de unidades de gasto que serán desalojadas por el tramo de colector; estas UDH. son acumuladas por las bajantes sanitarias, ramales de descarga y ramales sanitarios que aportan al colector.

Columna (6) Qd en (m³/s) y (L/s)

Es el caudal de diseño en función de UDH. tramo columna (5) y aplicando las siguientes ecuaciones calibradas del método Roy Hunter.

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

➔ $0,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8,31 * 10^{-5} * UG^2$

➔ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 0,814228 + 0,007263 * UG - 5,55 * 10^{-7} * UG^2$

➔ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 1,501666 + 0,005683 * UG$

Para instalaciones que cuentan con artefactos que funcionan con un sistema de válvula de descarga:

➔ $5,00 < UG < 100 \quad QMP(L/s) = 0,719341 + 0,026291 * UG - 1,03 * 10^{-4} * UG^2$

➔ $100 \leq UG \leq 500 \quad QMP(L/s) = 1,523285 + 0,008663 * UG - 4,11 * 10^{-6} * UG^2$

➔ $500 \leq UG \leq 1000 \quad QMP(L/s) = 2,546667 + 0,004663 * UG$

Columna (7) S en (m/m) y (%)

La pendiente del colector sanitario estará en función de las UDH. tramo columna (5) y aplicando la **Tabla 2.27**.

Columna (8) DN en (mm) y (plg.)

El diámetro nominal está en función de las UDH. tramo columna (5) y aplicando la **Tabla 2.27**.

Columna (9) Tubo Lleno Q en (m³/s, L/s) y V en (m/s)

Se aplican las siguientes expresiones:

Caudal:

➔ $Q = \frac{0,312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$

Velocidad:

$$V = \frac{0,397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Los datos a utilizar en las formulas son el diámetro nominal DN columna (8) y la pendiente S columna (7).

Columna (10) Parcialmente Lleno Yn en (mm), v en (m/s) y rh en (m)

Se aplican las siguientes expresiones.

Tirante en (m) e iterando en la siguiente expresión:

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257,15 * n * \left(4 * \pi * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)^{\frac{2}{3}}} * \left(\left(4 * \pi * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right) - 360 * \sin\left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)\right)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Si se quiere ahorrar tiempo en el cálculo del tirante normal se debe emplear la siguiente ecuación:

$$Yn = \left(\frac{1,316}{D^{0,356}} * \left(\frac{n * Q}{S^{\frac{1}{2}}}\right)^{0,508}\right) * 1000$$

Velocidad:

$$V = \frac{0,397 * D^{\frac{2}{3}}}{n} * \left(1 - \frac{360 * \sin\left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}{2 * \pi * \left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Radio hidraulico:

$$R_H = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin\left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}{2 * \pi * \left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}\right)$$

Para la aplicación de estas fórmulas se deben utilizar los valores del caudal de diseño columna (6), la pendiente “S” columna (7) y el diámetro nominal “DN” columna (8).

Columna (11) Vc en (m/s)

La velocidad crítica de acuerdo a la siguiente expresión:


$$V_c = 6 * \sqrt{g * R_H}$$

Se deben utilizar las casillas de la columna (10) los resultados del radio hidráulico “rh”.

Columna (12) τ en (Pa)

Para la tensión tractiva de acuerdo a la siguiente expresión:


$$\tau_{min} = \rho * g * R_H * S_{min}$$

Para aplicar la fórmula de la tensión tractiva se deben utilizar los resultados del radio hidráulico “rh” columna (10) y los resultados de la pendiente “S” columna (7).

Columna (13) Cota terreno (CT) (Inicio y Final)

Las cotas terreno estarán en función del levantamiento topográfico, en los puntos donde se instalarán los colectores sanitarios de acuerdo a los planos en vista en planta.

Columna (14) Longitud Horizontal en (m)

De acuerdo al colector sanitario columna (3) y en función a las dimensiones que nos indica los planos en vista en planta.

Columna (15) Profundidad a (CR) (Inicio y Final)

Primero se debe verificar para que cargas columna (4) se está diseñado para determinar la profundidad aceptable seguidamente analizar las tuberías que salen o ingresan en las cámaras de registro o inspección y utilizar los valores de la pendiente columna (7), diámetro columna (8) y longitud horizontal columna (14) del colector que se esté diseñando, para conocer la profundidad hacia la cota radier.

Columna (16) Cota radier (CR) (Inicio y Final)

Es la diferencia de la Cota terreno (CT) columna (13) entre la Profundidad a (CR) columna (15).

Columna (17) Longitud Tubería en (m)

De acuerdo a la siguiente expresión:



$$Longitud\ tubería = \sqrt{((CR\ final) - (CR\ inicial))^2 + (Longitud\ Horizontal)^2}$$

Los datos a utilizar en esta fórmula son la Profundidad a (CR) columna (15) y la Longitud Horizontal columna (14).

Columna (18) Profundidad de Exc. (Inicio y Final)

En función a la siguiente expresión:



$$Prof.\ Exc. = Prof.\ (CR) + \frac{DN}{1000} + 0,10$$

Para aplicar la expresión se deben utilizar los datos de la Profundidad a (CR) columna (15) y el diámetro nominal DN columna (8).

Columna (19) Ancho Zanja en (m)

Aplicando la siguiente expresión:



$$Ancho\ Zanja = \frac{(DN + 300)}{1000}$$

Se debe utilizar los datos del diámetro nominal DN columna (8).

Columna (20) Volúmenes en (m³); Excavación, Arena y Relleno

Se utilizaran las siguientes expresiones:

Excavación:

➔
$$Excavación = Ancho Zanja + \left(\frac{(Prof. Exc. inicial) + (Prof. Exc. final)}{2} \right) + Longitud Horizontal$$

Arena:

➔
$$Arena = Ancho Zanja * Longitud tubería * 0,10$$

Relleno:

➔
$$Relleno = Excavación - Arena$$

Los datos o resultados que se requieren son el Ancho de Zanja columna (19), Profundidad de Excavación columna (18), Longitud Horizontal columna (14) y Longitud de tubería columna (17).

2.7.- Instalación de drenaje pluvial

2.7.1.- Caudales de diseño

Para la estimación del caudal de diseño de las diferentes partes que comprende un sistema de drenaje pluvial domiciliario, se podrá emplear la ecuación del Método Racional:

$$\longrightarrow \boxed{Q_d = \frac{10^{-6}}{3,6} * C * i * A} \longrightarrow \boxed{Q_d = \frac{10^{-6}}{3,6} * C * i}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño en m^3/s o $m^3/s * m^2$.

i = Intensidad de lluvia a considerar en mm/h.

C = Coeficiente de escurrimiento adimensional

A = Área de la superficie drenada en m^2 .

El valor del coeficiente de escurrimiento se podrá seleccionar de la Tabla 2.33., en función del tipo de superficie del área a ser drenada. En general, el coeficiente “C” es un valor compuesto que se podrá calcular aplicando la siguiente expresión:

$$\longrightarrow \boxed{C = \frac{\sum(C_i * A)}{A}}$$

Donde:

C_i = Coeficiente de escurrimiento de cada sector a ser drenado, Tabla 2.33.

A_i = Área de cada sector en m^2

A = Área de la superficie drenada en m^2 .

Tabla 2.33. Valores del coeficiente de escurrimiento “C”

Naturaleza de la superficie	Valores de C
Techos o cubiertas impermeables, dependiendo del tipo de cobertura o superficie	0,75 - 1,00*
Parques y jardines, dependiendo de la pendiente y características el suelo	0,010 - 0,20
Superficies asfaltadas (cemento asfaltico)	0,85 - 0,90
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas selladas	0,75 - 0,85
Superficies pavimentadas, dependiendo del tipo de revestimiento, con juntas no selladas	0,50 - 0,70
Ingresos, pasillos empedrados de grava o gravilla	0,15 - 0,30
Superficies no revestidas, patios de ingreso, terrenos descampados	0,10 - 0,30

Fuente: Hidrología Aplicada. Swami Marcondes Villela, Arthur Mattos. Mc Graw – Hill do Brasil -1975

* Ven Te Chow. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill – Colombia, 1995.

2.7.2.- Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

Las curvas I-D-F se grafican en un plano cartesiano en el cual se ubica la duración en horas sobre el eje de las abscisas y la Intensidad (mm./h) en el eje de las ordenadas, para una determinada frecuencia o periodo de retorno en años. Se habla de intensidad máxima por unidad de tiempo.

Se trabajará con el método GUMBEL modificado, y se utilizan estaciones con datos de precipitaciones máximas diarias.

2.7.3.- Método de Gumbel Modificado

Este método probabilístico que se caracteriza porque solo es utilizable para calcular valores extremos, como ser mínimos y máximos, preferentemente máximos.

2.7.3.1.- Precipitaciones máximas diarias

Son datos registrados mediante pluviómetros ubicados en diversas estaciones de medición, para tener más exactitud en el cálculo estas estaciones deben estar lo más cerca posible de la zona que será objeto de estudio.

Para determinar estas precipitaciones máximas diarias se adoptan diversos periodos de retorno, como ser de 2, 5, 10, 20, 50, etc; y la siguiente expresión:

$$\longrightarrow \quad h_{dT} = E_d * (1 + K_d * L \text{ og } T)$$

Donde:

E_d = Moda o moda ponderada.

K_d = Característica o característica ponderada.

T = Periodo de retorno en años.

hdT = Altura de lluvia máxima diaria en mm.

Moda

$$\longrightarrow \quad E = \bar{X} - 0,45 * S$$

Donde:

S = Desviación estándar.

X = Media aritmética.

Si se cuenta con varias estaciones, entonces se deberá calcular la moda ponderada:

$$\longrightarrow \quad Ed_{pond.} = \frac{\sum_{j=1}^k nj * Ed}{\sum_{j=1}^k nj}$$

Donde:

n_j = Numero de datos de cada estación.

E_d = Moda de cada estación.

$E_{d_{pond}}$ = Moda ponderada.

Característica



$$K = \frac{S}{0,557 * E}$$

Donde:

S = Desviación estándar.

E = Moda.

Si se cuenta con varias estaciones, entonces se deberá calcular la característica ponderada:



$$Kd_{pond.} = \frac{\sum_{j=1}^k n_j * Kd}{\sum_{j=1}^k n_j}$$

Donde:

n_j = Numero de datos de cada estación.

Kd = Característica de cada estación

Kd_{pond} = Característica ponderada.

2.7.3.2.- Precipitaciones máximas horarias

Para producir las alturas de precipitación de diseño se tomarán diferentes periodos de retorno; después, las alturas de diseño se convierten en intensidades máximas, dividiéndolas por la duración de la precipitación donde finalmente la ecuación de Gumbel modificada para lluvias máximas horarias es:



$$h_{ctT} = E_{dp} * \left(\frac{tc}{\alpha}\right)^\beta (1 + K_{dp} * L \log T)$$

Donde:

h_{ctT} = Precipitación máxima horaria (mm) para un periodo de retorno T (años) y una duración tc (horas).

E_{dp} = Moda ponderada.

tc = Tiempo de duración de lluvia (horas).

K_{dp} = Característica ponderada.

α = Equivalente de lluvia horaria. Coeficiente que depende del área de la cuenca. Cuando el área de la cuenca es mayor a 20 Km² $\alpha=12$; cuando el área de la cuenca es menor a 20 Km² $\alpha=2$, como el área de aporte corresponde al segundo caso se adopta $\alpha=2$

β = Coeficiente (0.2-0.3). Se considera que la lluvia diaria es igual a la lluvia de 12 hrs., un exponente de 0.30 para tiempos menores a 2 horas y 0.20 para tiempos mayores a 2 horas.

2.7.3.3.- Intensidades máximas en mm/h

Relación entre la precipitación máxima horaria y el tiempo de duración de la lluvia.

$$\longrightarrow \boxed{I. \max. (mm/h) = \frac{h_{ctT}}{tc}}$$

Donde:

I.max. = Intensidades máximas en mm/h.

h_{ctT} = Precipitación máxima horaria (mm) para un periodo de retorno T (años) y una duración t_c (horas).

t_c = Tiempo de duración de lluvia (horas).

Obtenidas las intensidades máximas en (mm/h), se procede a realizar una regresión potencial que es la que mejor se ajusta, para posteriormente obtener una ecuación que estará en función de la duración de la lluvia para un periodo de retorno determinado.

$$\longrightarrow \boxed{I. \max(mm/h)(T = n \text{ años}) = A * D^{-b}}$$

Donde:

I.max. = Intensidades máximas en mm/h.

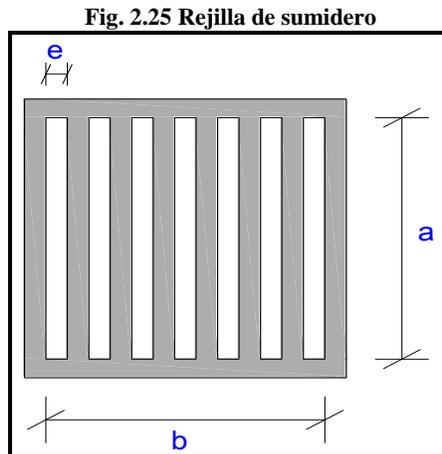
T = Periodo de retorno en años.

A,b = Constantes de calibración.

D = Tiempo de duración de lluvia (horas).

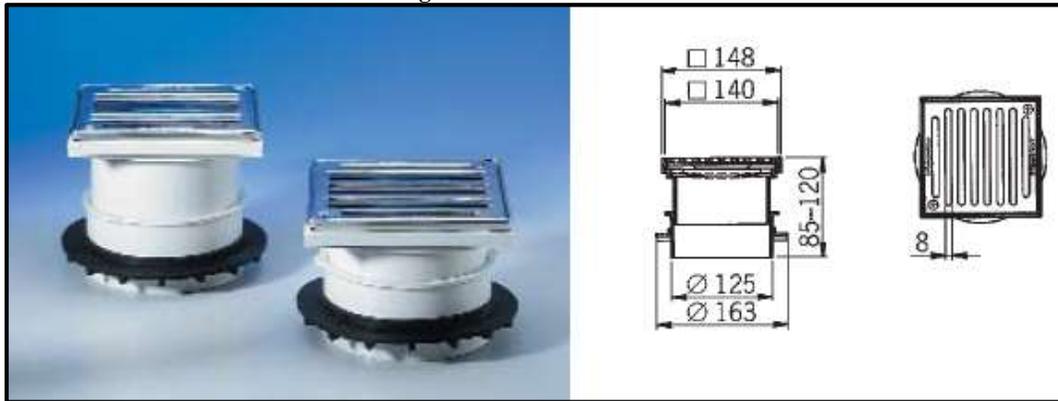
2.7.4.- Sumideros de piso

Para llevar a cabo el desalojo de las aguas pluviales que se precipite en los patios y terrazas, será por medio de sumideros cuya función es la de captar el agua para posteriormente conducirla por las bajantes o colectores pluviales, (ver figura 2.25 y 2.26).



Fuente: Elaboración propia

Fig. 2.26 Sumidero sifónico



Fuente: Sumideros “Tigre plasmar”

- Los sumideros de piso tipo rejilla, instalados en una terraza o patio, deberán tener un área libre, igual o mayor a dos veces el área de la tubería de descarga a la que se conectan.
- Todo sumidero de piso de aguas pluviales en patios y terrazas deberá estar dotado de un sifón hidráulico. El diámetro del sifón deberá ser igual al diámetro de la bajante pluvial al cual está conectado o al del colector al que desemboca.
- Las superficies de terrazas y patios deberán tener pendientes no menores al 1% con dirección a los sumideros o rejillas de piso.

En el diseño como primer paso, es necesario conocer el caudal que será capaz de desalojar, así como su área de cobertura del sumidero, considerando su funcionamiento como un orificio, de acuerdo a la siguiente ecuación se puede estimar el gasto que puede fluir a través de las aperturas:

➔
$$Q = C_d * A * \sqrt{2 * g * h}$$

Donde:

Q = Caudal de ingreso al sumidero en m³/s.

C_d = Coeficiente de descarga, se recomienda 0,6.

A = Área libre total de las rejillas en el sumidero m².

g = 9,81 m/s²; Aceleración de la gravedad.

h = Tirante del agua sobre la rejilla en m, se recomienda que sea de 0,1m.

Es conveniente aplicar un factor de reducción, por obstrucción de basura, por lo que la capacidad del sumidero obtenida con la ecuación de orificios se multiplica por 0,5.

2.7.5.- Canaletas

Los diámetros y secciones de canaletas se calcularán tomando en cuenta las áreas de drenaje en techos o cubiertas y la intensidad de las lluvias.

2.7.5.1.- Ecuaciones de diseño

- Se podrán aplicar las siguientes ecuaciones para condiciones de flujo libre:

Ecuación de Manning:

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

Donde:

V = Velocidad del flujo en m/s.
n = Coeficiente de rugosidad de manning.
R = Radio hidráulico en m.
S = Pendiente hidráulica en m/m.

- El coeficiente “n” de Manning se podrá tomar igual a 0,017 (Ven Te Chow) para cualquier material metálico (Fierro Galvanizado, Cobre, Latón) y de 0,010 para PVC.

Ecuación de continuidad: $Q_c = V * A$

Donde:

Q_c = Máximo caudal de la canaleta en m³/s, capacidad de drenaje.
V = Velocidad del flujo en m/s.
A = Área hidráulica de la sección en m².

Área drenada $A_d = \frac{Q_c}{Q_d}$

Donde:

A_d = Área drenada por la canaleta en m².
 Q_d = Caudal de diseño en m³/s*m².
 Q_c = Máximo caudal de la canaleta en m³/s.

Área drenada sección rectangular

$$A_d = \frac{\frac{1}{n} * \left[\frac{\left(\left(\frac{b}{1000} \right) * \left(\frac{h}{1000} \right) \right)^{\frac{5}{3}}}{\left(\left(\frac{b}{1000} \right) + \left(\frac{2 * h}{1000} \right) \right)^{\frac{2}{3}}} \right] * S^{\frac{1}{2}}}{\frac{10^{-6}}{3,6} * C * I}$$

Donde:

A_d = Área drenada por la canaleta en m^2 .

n = Coeficiente de rugosidad de manning.

b = Base de la canaleta en mm.

h = Altura de la canaleta en mm.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

C = Coeficiente de escurrimiento adimensional.

I = Intensidad de lluvia a considerar en mm/h.

Área drenada sección semicircular

→

$$A_d = \frac{\left[\left(\frac{1}{n} \right) * \left(\frac{\pi}{8} * \left(\frac{DN}{1000} \right)^2 \right) * \left(\frac{DN}{4000} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right]}{\frac{10^{-6}}{3,6} * C * I}$$

Donde:

A_d = Área drenada por la canaleta en m^2 .

n = Coeficiente de rugosidad de manning.

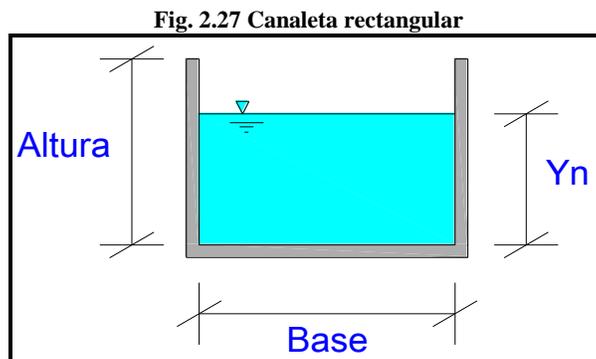
DN = Diámetro nominal de la canaleta en mm.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

C = Coeficiente de escurrimiento adimensional.

I = Intensidad de lluvia a considerar en mm/h.

- Las Tablas 2.34. y 2.35. calculadas con las fórmulas anteriores, proporcionan valores para canaletas semicirculares y rectangulares, considerando el valor de $C = 1.0$, en función de la intensidad de las lluvias y el área de cubierta para diferentes pendientes. Para otros valores de la intensidad de la lluvia y pendientes, se podrán aplicar las fórmulas anteriores, (ver figura 2.27 y 2.28).



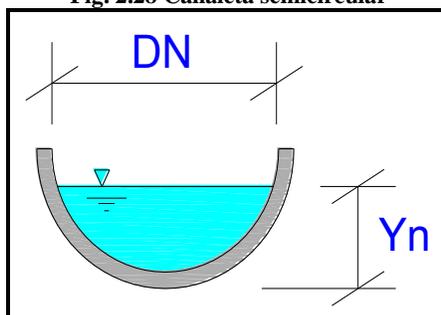
Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.34. Área drenada. Canaletas de sección rectangular

Dimensiones de la canaleta (mm)		Intensidad de la lluvia en (mm/h) vs. Pendiente del conducto															
		50	75	100	125	150	200	210	250	50	75	100	125	150	200	210	250
Base	Altura	Pdte. 0,25%								Pdte. 0,50%							
		Área drenada en (m ²)								Área drenada en (m ²)							
80	100	167	111	83	67	56	42	40	33	236	157	118	94	79	59	56	47
80	120	207	138	103	83	69	52	49	41	292	195	146	117	97	73	70	58
100	120	288	192	144	115	96	72	69	58	407	271	204	163	136	102	97	81
100	140	346	231	173	138	115	86	82	69	489	326	244	195	163	122	116	98
120	140	452	302	226	181	151	113	108	90	640	427	320	256	213	160	152	128
120	160	530	354	265	212	177	133	126	106	750	500	375	300	250	188	179	150
120	180	609	406	305	244	203	152	145	122	861	574	431	345	287	215	205	172
140	160	666	444	333	266	222	166	159	133	942	628	471	377	314	235	224	188
140	180	766	511	383	307	255	192	182	153	1084	723	542	434	361	271	258	217

Fuente: Aplicación de la fórmula

Fig. 2.28 Canaleta semicircular



Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.35. Área drenada. Canaletas de sección semicircular

Dimensiones de la canaleta (mm)		Intensidad de la lluvia en (mm/h) vs. Pendiente del conducto															
		50	75	100	125	150	200	210	250	50	75	100	125	150	200	210	250
DN		Pdte. 0,25%								Pdte. 0,50%							
		Área drenada en (m ²)								Área drenada en (m ²)							
100		75	50	37	30	25	19	18	15	106	71	53	42	35	27	25	21
125		136	90	68	54	45	34	32	27	192	128	96	77	64	48	46	38
150		221	147	110	88	74	55	53	44	312	208	156	125	104	78	74	62
175		333	222	166	133	111	83	79	67	471	314	235	188	157	118	112	94
200		475	317	238	190	158	119	113	95	672	448	336	269	224	168	160	134
250		861	574	431	344	287	215	205	172	1218	812	609	487	406	304	290	244

Fuente: Aplicación de la fórmula

2.7.6.- Bajantes pluviales

- El diseño de las bajantes pluviales deberá garantizar condiciones de escurrimiento libre, con una relación de carga relativa $h/D < 0,20$ (carga hidráulica vs. diámetro de

la bajante), a objeto de evitar las sub presiones o sobre presiones que pudieran afectar el flujo normal y garantizando la condicione de flujo libre.

- Para el dimensionamiento de las bajantes pluviales se podrá emplear la fórmula de vertedero de planta circular:

$$\longrightarrow \boxed{Q_v = 1,47 * L * h^{1,42}} \quad ; \text{ valido para } h < D/5$$

Donde:

Q_v = Caudal en el vertedero circular en m^3/s .

h = Carga sobre la cresta en m.

L = Longitud de desarrollo ($2 * \pi * D$)

D = Diámetro de la bajante en m.

El área drenada podrá calcularse por la siguiente expresión:

Donde:

$$\longrightarrow \boxed{A_d = \frac{1000 * Q_v}{(i/3600)}}$$

A_d = Área drenada por la bajante en m^2 .

i = Intensidad de la lluvia en mm/h.

El diámetro de las bajantes pluviales se podrá determinar aplicando la Tabla 2.36, que emplea las ecuaciones anteriores, en función a la intensidad de la lluvia considerada en el diseño, para diferentes diámetros de la bajante. Para valores de intensidad de la lluvia diferentes a los indicados en la Tabla 2.36, se podrán aplicar las ecuaciones nombradas anteriormente.

En cualquier caso, el diámetro de toda bajante pluvial no deberá ser inferior a DN 75.

Tabla 2.36. Bajantes de aguas pluviales

Diámetro nominal de la bajante (mm)	Intensidad de la lluvia en (mm/h)							
	50	75	100	125	150	200	210	250
DN	Área servida en proyección horizontal (m^2)							
75	128	85	64	51	43	32	31	26
100	257	171	129	103	86	64	61	51
150	686	457	343	274	229	172	163	137
200	1377	918	688	551	459	344	328	275

Fuente: Aplicación de la fórmula

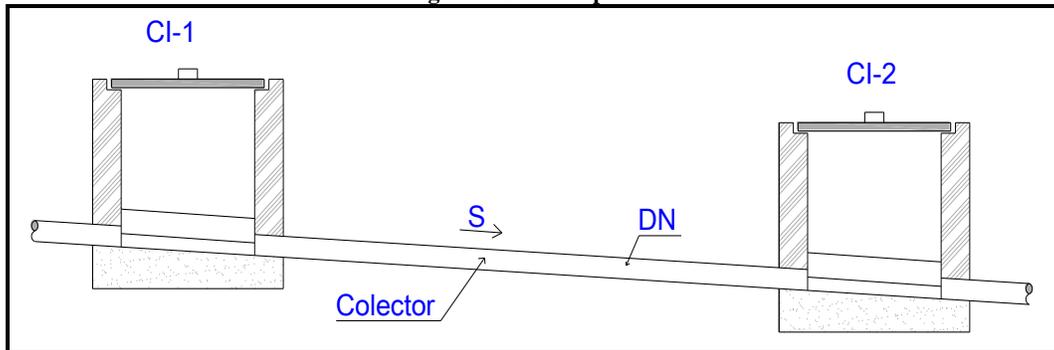
La pendiente de las tuberías horizontales será uniforme y no menor al 1% para diámetros DN 100 y mayor al 1,5 % para diámetros iguales o menores a DN 75.

2.7.7.- Colectores pluviales

Los colectores pluviales deberán dimensionarse en función del área drenada del inmueble y de la intensidad de la lluvia considerada en el diseño. Los colectores pluviales, (ver figura

2.29) reciben la descarga de las bajantes pluviales, el escurrimiento superficial en los patios captados por los sumideros y los efluentes de los tanques cisterna. El grado de escurrimiento superficial depende de factores tales como i) grado de impermeabilización de las superficies, ii) pendiente del suelo, iii) permeabilidad del suelo, etc. El área drenada de techos y cubiertas será medida en su proyección horizontal.

Fig. 2.29 Colector pluvial



Fuente: Elaboración propia

2.7.7.1.- Ecuaciones de diseño

- Para el dimensionamiento de los colectores pluviales se podrán aplicar las ecuaciones clásicas de la hidráulica:

Ecuación de Manning:



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

Donde:

V = Velocidad del flujo en m/s.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0,013) para cualquier conducto.

R = Radio hidráulico en m.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

Ecuación de continuidad:



$$Q = V * A$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

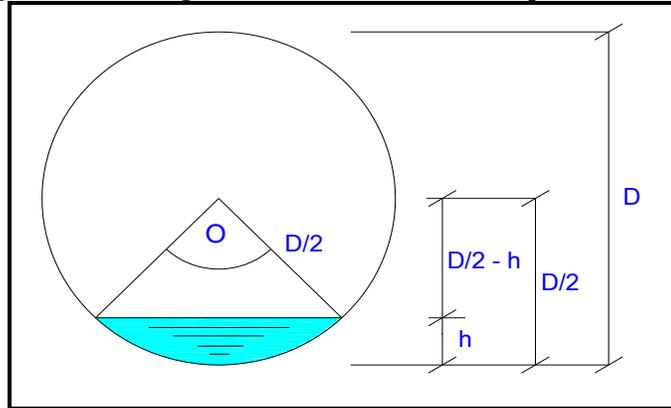
A = Área hidráulica de la sección en m².

V = Velocidad del flujo en m/s.

- Se debe verificar el funcionamiento de las tuberías a sección llena y a sección parcialmente llena, (ver figura 2.30) para comprobar que cumple las condiciones de

tener un escurrimiento estable y que no haya depósitos de sedimentación ni erosión en el conducto, siendo las ecuaciones:

Fig. 2.30 Relaciones geométricas de la sección circular parcialmente llena



Fuente: Elaboración propia

Sección llena:

Caudal:



$$Q = \frac{0,312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0,013) para cualquier conducto.

D = Diámetro de la tubería en m.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

Velocidad:



$$V = \frac{0,397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

La NB 688 indica que la velocidad mínima de circulación debe ser de 0.6 m/s y la velocidad máxima de 5 m/s.

Donde:

V = Velocidad del flujo en m/s.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0,013) para cualquier conducto.

D = Diámetro de la tubería en m.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

Sección parcialmente llena:

Radio hidráulico:



$$R_H = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin \left(2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Yn}{D} \right) \right)}{2 * \pi * \left(2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Yn}{D} \right) \right)} \right)$$

Donde:

R_H = Radio hidráulico en m.

D = Diámetro de la tubería en m.

Y_n = Tirante en m.

Velocidad: 

$$V = \frac{0,397 * D^{\frac{2}{3}}}{n} * \left(1 - \frac{360 * \sin \left(2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Y_n}{D} \right) \right)}{2 * \pi * \left(2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Y_n}{D} \right) \right)} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V = Velocidad del flujo en m/s.

D = Diámetro de la tubería en m.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0,013) para cualquier conducto.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

Y_n = Tirante en m.

Caudal: 

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257,15 * n * \left(4 * \pi * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Y_n}{D} \right) \right)^{\frac{2}{3}}} * \left(\left(4 * \pi * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Y_n}{D} \right) \right) - 360 * \sin \left(2 * \cos^{-1} \left(1 - \frac{2 * Y_n}{D} \right) \right) \right)^{\frac{5}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q = Caudal en m³/s.

D = Diámetro de la tubería en m.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0,013) para cualquier conducto.

S = Pendiente hidráulica en m/m.

Y_n = Tirante en m.

- La pendiente mínima del colector será estimada a través del criterio de la tensión tractiva, tomando en cuenta la relación entre caudal de escurrimiento presente y caudal de escurrimiento para un periodo de retorno de 10 años con una duración de 10 min. esto es debido a que en la práctica los caudales a desalojar a través de los colectores no trabajaran constantemente a lo diseñado.

Al fin de garantizar las condiciones de autolimpieza para la situación más crítica, se recomienda determinar la pendiente mínima, con un nivel de funcionamiento del 10% de la capacidad del conducto. Este porcentaje corresponde a la relación entre caudal de escurrimiento presente “ Q_P ” y caudal de escurrimiento para un periodo de retorno de 10 años con una duración de 10 min. “ Q_T ”:

$$\longrightarrow \frac{Q_P}{Q_T} = 0.10$$

Donde:

Q_P = Caudal de escurrimiento presente (sección parcialmente llena).

Q_T = Caudal de escurrimiento para un periodo de retorno de 10 años con una duración de 10 min. (Sección parcialmente llena).

Se selecciona las pendientes de la Tabla 2.37. que será obtenida de acuerdo al siguiente procedimiento:

- a) De la relación caudal de escurrimiento presente “ Q_P ” y caudal de escurrimiento para un periodo de retorno de 10 años con una duración de 10 min. “ Q_T ” se obtendrá el Angulo central (grado sexagesimal):

$$\longrightarrow \frac{Q_P}{Q_T} = 0.10$$

$$\longrightarrow \frac{Q_P}{Q_T} = \left(\frac{\theta}{360} - \frac{\sin \theta}{2 * \pi} \right) * \left(1 - \frac{360 * \sin \theta}{2 * \pi * \theta} \right)^{\frac{2}{3}} = 0.10$$

Obteniéndose un resultado de:

$$\bullet = 110,11^\circ$$

- b) Calculo del radio hidráulico, en función del diámetro:

$$\longrightarrow R_H = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin(\theta)}{2 * \pi * \theta} \right) = 0,1278 * D$$

- c) Pendiente mínima:

S_{min} = Pendiente mínima del conducto en m/m.

$\tau_{min}^M = 1,5$ Pa; Tensión tractiva mínima.

$\rho = 1000$ kg/m³; Densidad del agua.

$g = 9,81$ m/s²; Aceleración de la gravedad.

$$\longrightarrow S_{min} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * R_H} = \frac{\tau_{min}}{\rho * g * 0,1278 * D}$$

Con las ecuaciones del flujo a sección llena determinamos el caudal y la velocidad.

Tabla 2.37. Pendientes mínimas – QP/QT = 0,10

Diámetro		Pendiente mínima S _{min}		Caudal a sección llena		Velocidad a sección llena (m/s)
(mm)	(plg)	(o/oo)	m/m	m ³ /s	(l/s)	
75	3"	15,95	0,01595	0,0030	3,00	0,69
100	4"	11,96	0,01196	0,0056	5,60	0,72
150	6"	7,98	0,00798	0,0136	13,60	0,77
200	8"	5,98	0,00598	0,0254	25,40	0,81
250	10"	4,76	0,00476	0,0411	41,10	0,84

Fuente: Aplicación de la fórmula

- Considerando el funcionamiento de los conductos a flujo lleno, bajo condiciones de trabajo gravitacionales, el diámetro efectivo se podrá calcular por la siguiente expresión:

$$D_{\text{efect.}} = \left(\frac{3,21 * Q * n}{\sqrt{S_o}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D_{efect.} = Diámetro efectivo de la tubería en m.

S_o = Pendiente de la tubería \checkmark S_{min}

Q = Caudal de diseño en m³/s

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (0,013), para cualquier conducto.

- El diámetro comercial se encuentra en función del diámetro efectivo seleccionando el diámetro inmediato superior de la Tabla 2.37.
- Velocidad crítica es un parámetro que nos indica que la velocidad de circulación no debe ser superior a la crítica para evitar resalto hidráulico en el conducto y se lo estima con la siguiente expresión:

$$V_c = 6 * \sqrt{g * R_H}$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica en m/s.

g = Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s².

R_H = Radio hidráulico en m.

2.7.8.- Cámara de inspección, registro y cajas de paso

Las cámaras de inspección, de registro y cajas de paso deberán instalarse cumpliendo similarmente, con lo especificado en los numerales **2.6.6** y **2.6.7** del capítulo II, de esta sección.

2.7.9.- Planillas de cálculo del sistema de evacuación de aguas pluviales

2.7.9.1.- Planillas para el caudal en las tuberías de limpieza o desagüe

(1)	(2)	(3)	(4)		(5)
N°	N° Tubería de limpieza	Q	DN		Longitud TL (m)
		(m ³ /s)	mm	plg.	

Columna (1) N°

Número de tubería de limpieza que se introducirá.

Columna (2) N° Tubería de limpieza

Identifica el número de tubería de limpieza que fue calculado en el diseño de los tanques cisterna y elevado; y su ubicación de acuerdo a los planos.

Columna (3) Q en (m³/s)

Es el caudal que desalojan las tuberías de limpieza o desagüe de los tanques de almacenamiento de agua potable.

Columna (4) DN en (mm) y (plg.)

Son los diámetros nominales de las tuberías de limpieza ya diseñadas.

Columna (5) Longitud TL (m)

Se introducirá la long. de la tubería de limpieza que en función al DN columna (4) se determinará la longitud de tubería que se requiere.

2.7.9.2.- Planillas para el cálculo de bajantes pluviales

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
N°	N° Bajante	I.max.	Área	DN		$h < D/5$	$L = 2 * \sqrt{h * D}$	Qv	Q	QT	Qd=Q+QTL	observación	Longitud Bajante (m)
		(mm/h)	(m ²)	m	plg.	m		m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s			

Columna (1) N°

Número de bajantes pluviales que se van a calcular.

Columna (2) N° Bajante

Identifica el número de bajante a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (3) I.max. en (mm/h)

Se debe introducir la intensidad máxima de la hidrología calculada.

Columna (4) Área en (m²)

Es el área de terraza que evacuará la bajante pluvial.

Columna (5) DN en (mm) y (plg.)

De acuerdo a la **Tabla 2.36.**, en función a la intensidad en (mm/h) columna (3) y el área en (m²) a evacuar columna (4).

Columna (6) $h < D/5$ en (m)

Condición que se deberá cumplir para el dimensionamiento de las bajantes pluviales trabajen como vertedero de planta circular, la división del diámetro nominal DN columna (5) entre 5 debe ser mayor a la carga hidráulica.

Columna (7) $h/D < 20$

Condición para garantizar el escurrimiento libre, a objeto de evitar las sub presiones o sobre presiones que pudieran afectar el flujo normal y garantizando la condición de flujo libre; la división de la carga hidráulica “h” columna (6) entre el diámetro nominal DN columna (5) donde el resultado debe ser menor a 20.

Columna (8) $L = 2 * \# * D$ en (m)

Es la longitud de desarrollo que se aplicará en la ecuación para estimar el caudal que se verterá en la bajante pluvial columna (9), el dato a utilizar es el diámetro nominal DN columna (5).

Columna (9) Q_v en (m³/s)

Caudal en la bajante pluvial funcionando como vertedero circular en (m³/s) de acuerdo a la siguiente expresión:

 $Q_v = 1,47 * L * h^{1,42}$

Los datos necesarios para la ecuación son la longitud de desarrollo columna (8) y la carga hidráulica columna (7).

Columna (10) Q en (m³/s)

Resulta del producto entre el área de terraza columna (4) que desalojará la bajante pluvial correspondiente y el caudal por unidad de superficie estimado a través de la formula racional.

Columna (11) QTL en (m³/s)

Es el caudal que se aportara a la bajante pluvial de las tuberías de limpieza si corresponde, estos datos se obtienen de las planillas de caudal en las tuberías de limpieza o desagüe columna (3).

Columna (12) $Q_d=Q+Q_{TL}$ en (m^3/s)

El caudal de diseño es la suma de Q en (m^3/s) columna (10) y Q_{TL} en (m^3/s) columna (11).

Columna (13) observación

Se verifica si el caudal que vierte la bajante pluvial columna (9) es superior al caudal de diseño columna (12) que se debe evacuar, para utilizar el DN columna (5) que se seleccionó, si no se cumple la condición se debe incrementar el diámetro columna (5) y volver a revisar la condición hasta cumplirla.

Columna (14) Longitud Bajante en (m)

Se debe introducir la longitud de la bajante pluvial que en función del diámetro columna (5) se determinara la longitud de tubería que se requiere.

2.7.9.3.- Planillas para el caudal en sumideros

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
N°	N° Sumidero	I.max.	Área	Q
		(mm/h)	(m^2)	m^3/s

Columna (1) N°

Número de caudales en sumideros que se calculará.

Columna (2) N° Sumidero

Identifica el número de sumidero a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (3) I.max. en (mm/h)

Se debe introducir la intensidad máxima de la hidrología calculada.

Columna (4) Área en (m^2)

Es el área de patio o piso que evacuará el sumidero.

Columna (5) Q en (m^3/s)

Resulta del producto entre el área de patio o piso columna (4) que desalojara el sumidero correspondiente y el caudal por unidad de superficie estimado a través de la formula racional.

2.7.9.4.- Planillas para el diseño de colectores pluviales

(1)	(2)		(3)	(4)		(5)		(6)		(7)		(8)			(9)			(10)	(11)
N°	Tramo		N° Colector	Cargas	Qd		S (min)		DN		Tubo Lleno			Parcialmente Lleno			Vc	τ	
	De	A			(m ³ /s)	(L/s)	m/m	%	mm	plg.	Q (m ³ /s)	Q (L/s)	V(m/s)	Yn(m)	v(m/s)	rh(m)	m/s	Pa	

(12)		(13)	(14)		(15)		(16)	(17)		(18)	(19)		
Cota terreno (CT)		Longitud	Profundidad a CR (m)		Cota radier (CR)		Longitud Tubería (m)	Profundidad de Exc. (m)		Ancoraje Zanja (m)	Volúmenes (m ³)		
Inicio	Final	(m)	Inicio	Final	Inicio	Final		Inicio	Final		Excavación	Areña	Relleno

Columna (1) N°

Número de tramos que se calcularán.

Columna (2) Tramo (De – A)

Es el tramo entre los puntos a calcular (según la numeración dada inicio y final)

Columna (3) N° Colector

Identifica el número de colector a calcular de acuerdo a los planos.

Columna (4) Cargas

Sirve para determinar la profundidad mínima que debe tener la tubería o colector de alcantarillado pluvial en función de las cargas de acuerdo a la **Tabla 2.32**.

Columna (5) Qd en (m³/s) y (L/s)

Es el caudal de diseño que los colectores pluviales captan de las bajantes pluviales, tuberías de limpieza y sumideros anteriormente calculados.

Columna (6) S (min) en (m/m) y (%)

La pendiente mínima del colector pluvial estará en función del caudal de diseño columna (5) y de la **Tabla 2.37**.

Columna (7) DN en (mm) y (plg.)

El diámetro nominal está en función del caudal de diseño columna (5) y aplicando la **Tabla 2.37**.

Columna (8) Tubo Lleno Q en (m³/s, L/s) y V en (m/s)

Se aplican las siguientes expresiones:

Caudal: \longrightarrow
$$Q = \frac{0,312}{n} * D^{\frac{8}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Velocidad: \longrightarrow
$$V = \frac{0,397}{n} * D^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Los datos a utilizar en las formulas son el diámetro nominal DN columna (7) y la pendiente S (min) columna (6).

Columna (9) Parcialmente Lleno Yn en (mm), v en (m/s) y rh en (m)

Se aplican las siguientes expresiones.

Tirante en (m) e iterando en la siguiente expresión:

\longrightarrow
$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257,15 * n * \left(4 * \pi * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)^{\frac{2}{3}}} * \left(\left(4 * \pi * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right) - 360 * \sin\left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)\right)$$

Si se quiere ahorrar tiempo en el cálculo del tirante normal se debe emplear la siguiente ecuación:

\longrightarrow
$$Yn = \left(\frac{1,316}{D^{0,356}} * \left(\frac{n * Q}{S^{\frac{1}{2}}}\right)^{0,508}\right) * 1000$$

Velocidad: \longrightarrow
$$V = \frac{0,397 * D^{\frac{2}{3}}}{n} * \left(1 - \frac{360 * \sin\left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}{2 * \pi * \left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}\right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Radio hidraulico: \longrightarrow
$$R_H = \frac{D}{4} * \left(1 - \frac{360 * \sin\left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}{2 * \pi * \left(2 * \cos^{-1}\left(1 - \frac{2 * Yn}{D}\right)\right)}\right)$$

Para la aplicación de estas fórmulas se deben utilizar los valores del caudal de diseño columna (5), la pendiente “S” (min) columna (6) y el diámetro nominal “DN” columna (7).

Columna (10) Vc en (m/s)

La velocidad crítica de acuerdo a la siguiente expresión:

\longrightarrow
$$V_c = 6 * \sqrt{g * R_H}$$

Se deben utilizar las casillas de la columna (9) los resultados del radio hidráulico “rh”.

Columna (11) τ en (Pa)

Para la tensión tractiva de acuerdo a la siguiente expresión:


$$\tau_{min} = \rho * g * R_H * S_{min}$$

Para aplicar la fórmula de la tensión tractiva se deben utilizar los resultados del radio hidráulico “rh” columna (9) y los resultados de la pendiente “S” (min) columna (6).

Columna (12) Cota terreno (CT) (Inicio y Final)

Las cotas terreno estarán en función del levantamiento topográfico, en los puntos donde se instalarán los colectores pluviales de acuerdo a los planos en vista en planta.

Columna (13) Longitud en (m)

De acuerdo al colector pluvial columna (3) y en función a las dimensiones que nos indica los planos en vista en planta.

Columna (14) Profundidad a (CR) en (m) (Inicio y Final)

Primero se debe verificar para que cargas columna (4) se está diseñado para determinar la profundidad aceptable seguidamente analizar las tuberías que salen o ingresan en las cámaras de registro o inspección y utilizar los valores de la pendiente columna (6), diámetro columna (7) y longitud horizontal columna (13) del colector que se esté diseñando, para conocer la profundidad hacia la cota radier.

Columna (15) Cota radier (CR) (Inicio y Final)

Es la diferencia de la Cota terreno (CT) columna (12) entre la Profundidad a (CR) columna (14).

Columna (16) Longitud Tubería en (m)

De acuerdo a la siguiente expresión:


$$Longitud\ tubería = \sqrt{((CR\ final) - (CR\ inicial))^2 + (Longitud\ Horizontal)^2}$$

Los datos a utilizar en esta fórmula son la Profundidad a (CR) columna (14) y la Longitud Horizontal columna (13).

Columna (17) Profundidad de Exc. en (m) (Inicio y Final)

En función a la siguiente expresión:



$$Prof. Exc. = Prof. (CR) + \frac{DN}{1000} + 0,10$$

Para aplicar la expresión se deben utilizar los datos de la Profundidad a (CR) columna (14) y el diámetro nominal DN columna (7).

Columna (18) Ancho Zanja en (m)

Aplicando la siguiente expresión:



$$Ancho Zanja = \frac{(DN + 300)}{1000}$$

Se debe utilizar los datos del diámetro nominal DN columna (7).

Columna (19) Volúmenes en (m³); Excavación, Arena y Relleno

Se utilizarán las siguientes expresiones:

Excavación:



$$Excavación = Ancho Zanja + \left(\frac{(Prof. Exc. inicial) + (Prof. Exc. final)}{2} \right) + Longitud$$

Arena:



$$Arena = Ancho Zanja * Longitud tubería * 0,10$$

Relleno:



$$Relleno = Excavación - Arena$$

Los datos o resultados que se requieren son el Ancho de Zanja columna (18), Profundidad de Excavación columna (17), Longitud Horizontal columna (13) y Longitud de tubería columna (16).

3.- INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1.- Redes principales de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial

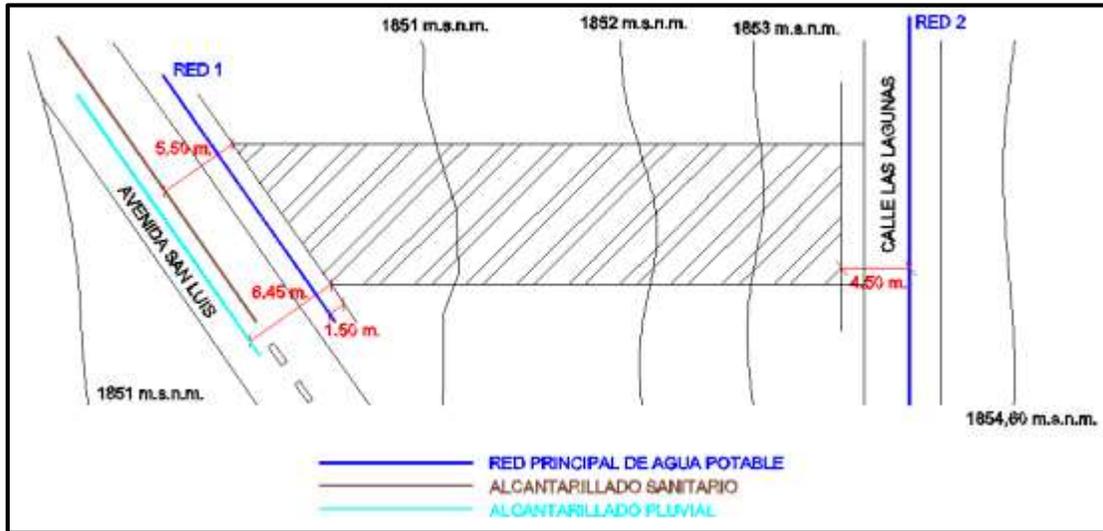
La ubicación de las redes principales de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial se muestra en la vista satelital (ver figura 3.1) y la figura en el plano de la vivienda multifamiliar vista en planta (ver figura 3.2).

Fig. 3.1 Ubicación de las redes principales de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial



Fuente: Vista satelital de Google Earth

Fig. 3.2 Distancias con respecto a la vivienda multifamiliar de las redes principales de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial



Fuente: Entidad competente "Cosalt"

Los datos necesarios para el diseño de las instalaciones sanitarias en la vivienda multifamiliar se obtuvieron de la entidad competente (ver figura 3.2) son:

- Presión de la red principal de agua potable (1) = 10,50 m.c.a.
- Presión de la red principal de agua potable (2) = 8,00 m.c.a.
- Diámetro de la red principal de agua potable (1) = 6 plg.= 150 mm.
- Diámetro de la red principal de agua potable (2) = 4 plg.= 100 mm.
- Cota de la red principal de agua potable (1) = 1850,40 m.s.n.m.
- Cota de la red principal de agua potable (2) = 1853,80 m.s.n.m.
- Diámetro del colector principal de alcantarillado sanitario = 8 plg.= 200 mm.
- Diámetro del colector principal de alcantarillado pluvial = 8 plg.= 200 mm.
- Cota del colector principal de alcantarillado sanitario = 1848,00 m.s.n.m.
- Cota del colector principal de alcantarillado pluvial = 1848,50 m.s.n.m.

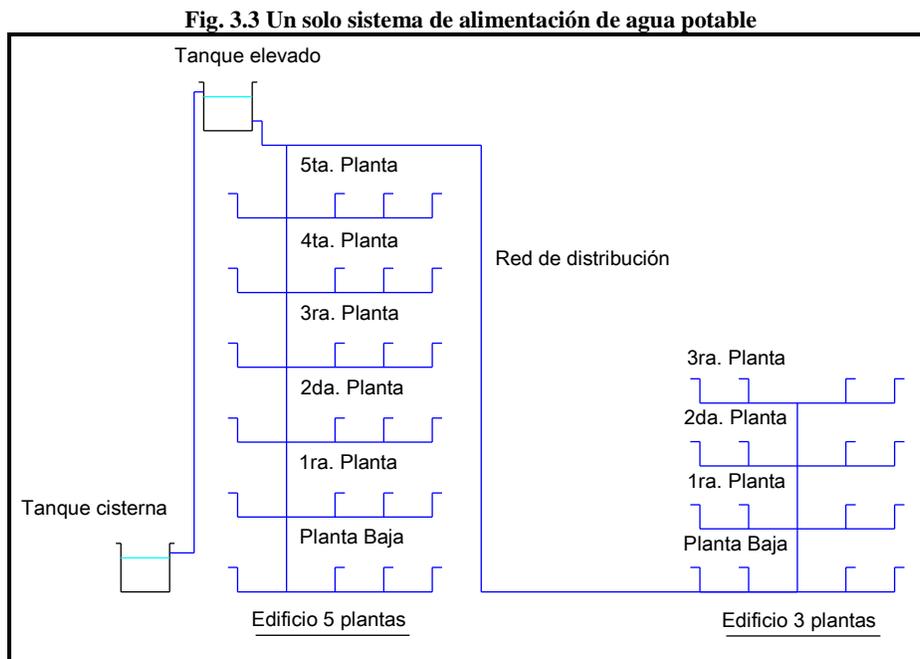
3.2.- Análisis de las alternativas técnico-económicas propuestas para el sistema de instalación sanitaria en la vivienda multifamiliar

Se analizaron tres alternativas técnico-económicas de acuerdo a los planos arquitectónicos, ubicación de la red principal de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, presión y

caudal disponibles en la red principal de agua potable para la instalación sanitaria en la vivienda multifamiliar que son:

Primera alternativa:

El edificio de 5 y 3 plantas, son alimentados por un solo sistema indirecto con bombeo para el abastecimiento de agua potable y una sola red de distribución para ambos edificios como se muestra en la figura 3.3, en el drenaje sanitario y pluvial ambos edificios tienen sus sistemas autónomos de evacuación de aguas residuales y pluviales donde ambos son desalojados hacia un solo sistema de cámaras de registro e inspección que conducen a través de colectores hacia el alcantarillado.

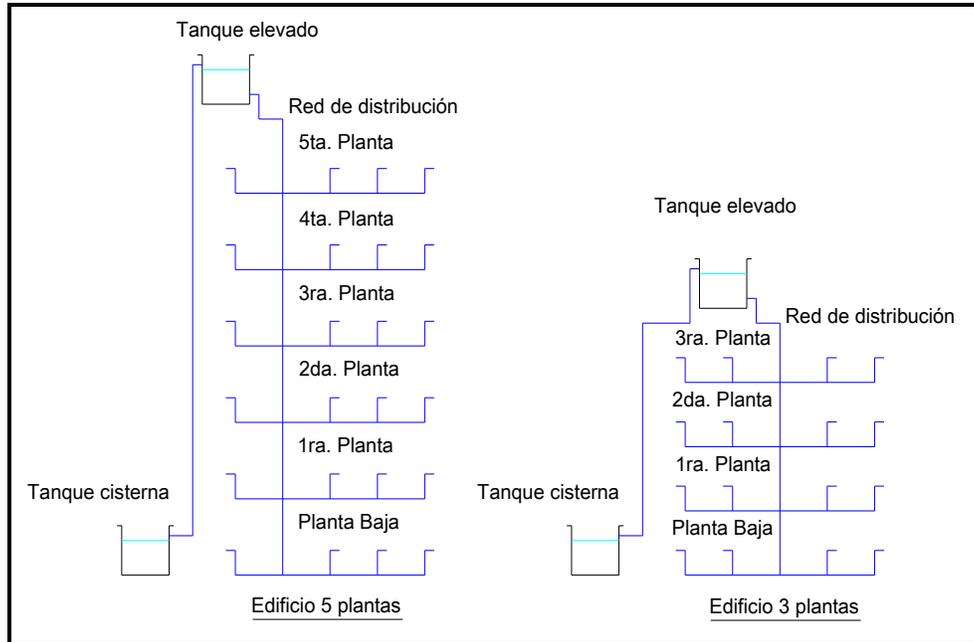


Fuente: Elaboración propia

Segunda alternativa:

El edificio de 5 y 3 plantas, con sistemas indirectos con bombeo independientes en ambos edificios para la alimentación de agua potable y también redes de distribución independientes para cada edificio como se muestra en la figura 3.4, el drenaje sanitario y pluvial es el mismo que el de la primera alternativa.

Fig. 3.4 Sistemas independientes de alimentación de agua potable

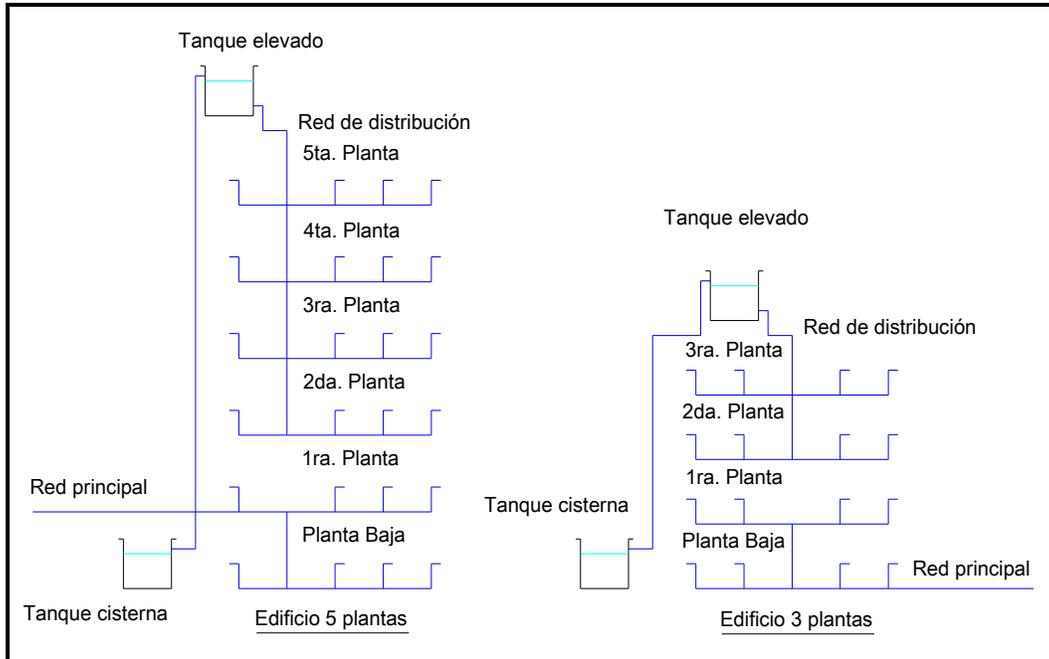


Fuente: Elaboración propia

Tercera alternativa:

El edificio de 5 y 3 plantas, con sistema mixto que comprende el sistema directo en la planta baja y primera planta en ambos edificios, el sistema indirecto con bombeo en las demás plantas, estos sistemas son independientes en ambos edificios para la alimentación de agua potable y también redes de distribución independientes para cada edificio como se muestra en la figura 3.5, el drenaje sanitario y pluvial es el mismo que el de la primera alternativa.

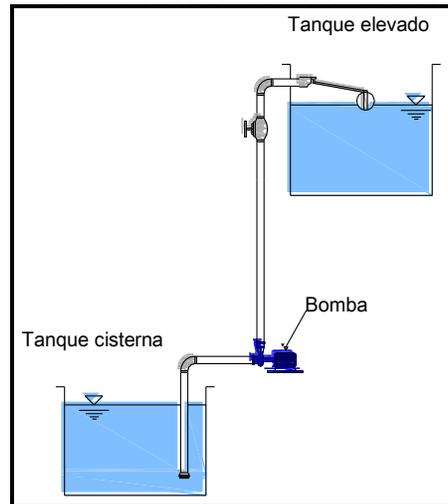
Fig. 3.5 Sistemas mixtos de alimentación de agua potable



Fuente: Elaboración propia

3.2.1.- Sistema de abastecimiento de agua para la vivienda multifamiliar

Fig. 3.6 Sistema indirecto con bombeo de abastecimiento de agua potable



Fuente: Elaboración propia

En la primera y segunda alternativa el sistema de abastecimiento de agua potable en la vivienda multifamiliar es indirecto con bombeo que comprende un tanque cisterna, sistema de bombeo y tanque elevado (ver figura 3.6).

En la tercera alternativa el abastecimiento de agua potable en la vivienda multifamiliar será a través de un sistema mixto, (ver Fig. 2.55).

3.2.2.- Instalación de agua caliente

En la primera y segunda alternativa la instalación de agua caliente será a través de calefones por planta, los calefones serán alimentados por el tanque elevado con el caudal y presión necesarios para satisfacer la demanda en los artefactos sanitarios que requieren agua caliente.

En la tercera alternativa la instalación de agua caliente será a través de calefones por planta, los calefones son alimentados por el tanque elevado desde la segunda hasta la quinta planta, directos de la red principal en la primera planta y planta baja, con el caudal y presión necesarios para satisfacer la demanda en los artefactos sanitarios que requieren agua caliente.

3.2.3.- Sistema de evacuación de aguas residuales

Para las tres alternativas el sistema de evacuación de aguas residuales será a través de ramales de descarga, ramales sanitarios, ramales de ventilación, bajantes sanitarios, columnas de ventilación y colectores sanitarios que evacuaran las aguas residuales al alcantarillado sanitario.

3.2.4.- Sistema de evacuación de aguas pluviales

En las tres alternativas el sistema de evacuación de aguas pluviales será a través de canaletas, sumideros, bajantes sanitarios y colectores pluviales que evacuaran las aguas de lluvia al alcantarillado pluvial o hacia las calles.

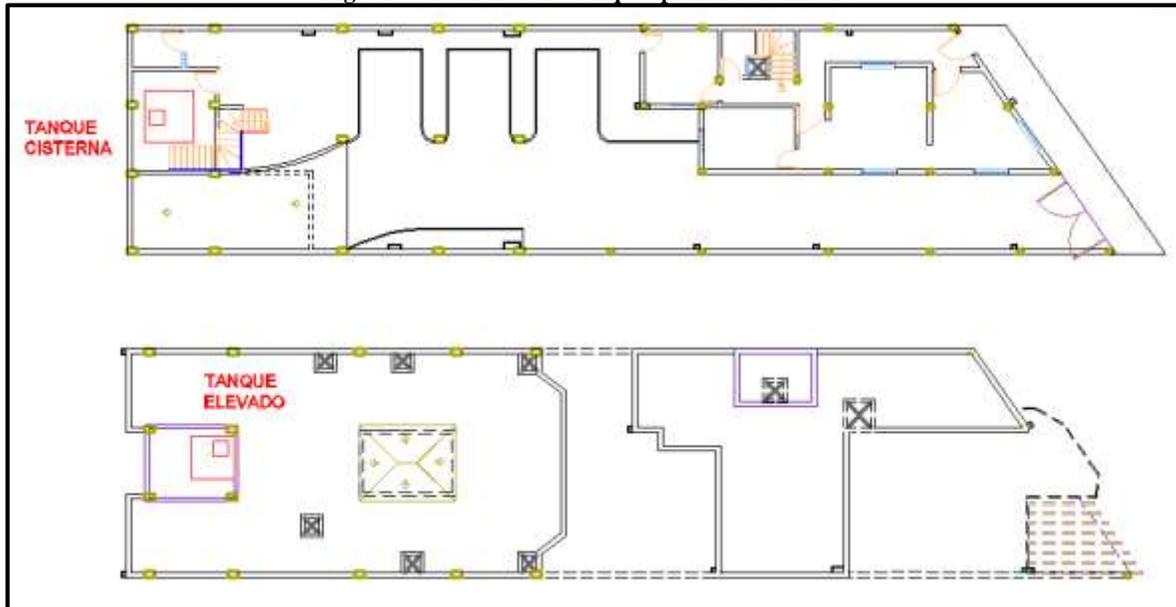
3.3.- Análisis del diseño arquitectónico

El análisis en el diseño arquitectónico en las tres alternativas para las instalaciones sanitarias en la vivienda multifamiliar es:

- a) De acuerdo a la ubicación de los artefactos sanitarios en los planos para alimentar de agua fría y caliente las tuberías son distribuidas en varias ramificaciones y no en una sola tubería principal, esto para no requerir diámetros nominales, caudales y presiones elevados.
- b) Las bajantes para el drenaje sanitario y pluvial, será a través de los shafs como se muestran en los planos.
- c) Las instalaciones para el drenaje sanitario se la realizará por debajo de la losa de H°A° para respetar los niveles que indican los planos.
- d) La ubicación de los tanques en la primera alternativa (ver figura 3.7) en función a los planos arquitectónicos será, el tanque cisterna en el edificio de 5 plantas se encuentra en

la planta baja debajo de las gradas de H°A° en un cuarto cerrado como se puede apreciar en los planos y la ubicación del tanque elevado en el edificio de 5 plantas se encuentra en la terraza sobre una losa de H°A° encima de las gradas de H°A° en un nivel considerado para cumplir las presiones de servicio en los artefactos sanitarios.

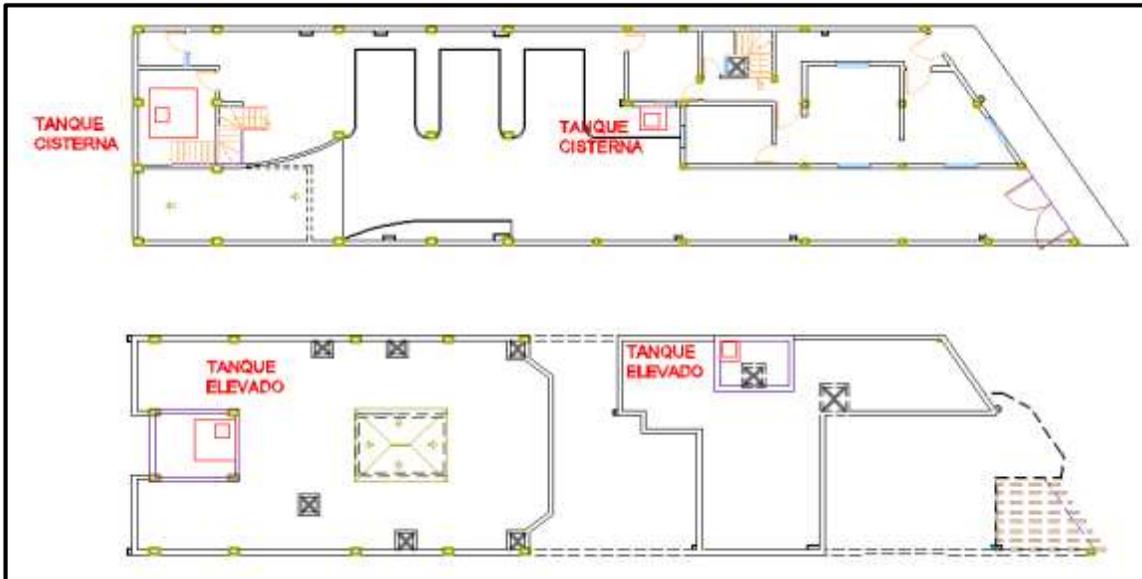
Fig. 3.7 Ubicación de los tanques primera alternativa



Fuente: Elaboración propia

- e) La ubicación de los tanques en la segunda y tercera alternativa (ver figura 3.8) de acuerdo a los planos arquitectónicos será, el tanque cisterna y elevado en el edificio de 5 plantas su ubicación es la misma descrita en la primera alternativa; para el tanque cisterna del edificio de 3 plantas está ubicado en el exterior del edificio bien protegido para evitar la contaminación del agua potable y el tanque elevado en el edificio de 3 plantas se encuentra en la terraza sobre una losa de H°A° encima de las gradas de H°A° en un nivel considerado para cumplir las presiones de servicio en los artefactos sanitarios.

Fig. 3.8 Ubicación de los tanques segunda y tercera alternativa



Fuente: Elaboración propia

3.4.- Alternativa seleccionada para la ejecución de la instalación sanitaria

Al analizar las alternativas para la instalación sanitaria en la vivienda multifamiliar se seleccionó la primera por el tema económico con un valor de 365.705,35 Bs que es menor a la segunda alternativa con un valor de 391.329,39 Bs y tercera alternativa con un valor de 387.696,55 Bs, ya que la parte técnica cumple en las tres alternativas. Los cálculos, presupuestos, cronograma de ejecución y planos de la primera alternativa se muestran en los anexos.

3.4.1.- Sistema de abastecimiento de agua para la vivienda multifamiliar

El sistema de abastecimiento de agua en la vivienda multifamiliar es indirecto, con bombeo, que comprende la alimentación desde la red principal hacia el tanque cisterna, a través del sistema de bombeo se lleva el agua para alimentar el tanque elevado que, a través de la red de distribución de columnas o montantes y ramales, abastecerá la vivienda multifamiliar, los cálculos en los anexos A.1.1.1, A.1.1.9, A.1.1.19 y A.1.1.20; los planos 3, 4 y 5.

3.4.2.- Instalación de agua caliente

La instalación de agua caliente es a través de tuberías que son alimentados por calefones que están instalados por planta para satisfacer la demanda en los artefactos sanitarios en ambos edificios de 5 y 3 plantas, los cálculos y planos para el diseño se muestran en los anexos el punto A.1.1.17, A.1.1.18, A.1.1.21 y A.1.1.22; los planos 3, 4 y 6.

3.4.3.- Sistema de evacuación de aguas residuales

El sistema de evacuación de aguas residuales para la vivienda multifamiliar será a través de ramales de descarga, ramales sanitarios, ramales de ventilación, bajantes sanitarios, columnas de ventilación y colectores sanitarios que evacuarán las aguas residuales al alcantarillado sanitario, los cálculos y planos para el diseño se muestran en los anexos A.1.2, los planos 7 y 9.

3.4.4.- Sistema de evacuación de aguas pluviales

El sistema de evacuación de aguas pluviales para la vivienda multifamiliar será a través de sumideros, bajantes sanitarios y colectores pluviales que evacuarán las aguas de lluvia al alcantarillado pluvial o hacia las calles, los cálculos y planos para el diseño se muestran en los anexos A.1.3, los planos 8 y 9.

3.4.5.- Cómputos métricos

Son toda la cuantificación de material a emplearse en la instalación sanitaria como tuberías, puntos de instalación, artefactos sanitarios, cantidad de hormigón en los tanques de almacenamiento y cámaras; los cómputos métricos son mostrados en el anexo A.2.

3.4.6.- Precios unitarios

Los precios unitarios se los desarrollaron por ítems en donde se utilizaron precios actuales de materiales, mano de obra y maquinaria, y se muestran en el anexo A.3.

3.4.7.- Presupuesto del proyecto

El presupuesto para ejecutar la instalación sanitaria en la vivienda multifamiliar es de 365.705,35 Bs, los detalles se muestran por ítems, materiales, mano de obra, equipo, maquinaria y herramientas en el anexo A.4.

3.4.8.- Cronograma de ejecución del proyecto

Para la ejecución de las instalaciones sanitarias en la vivienda multifamiliar se muestra en el cronograma aplicando el método Gantt con la ayuda del programa Microsoft Project estos resultados son mostrados en el anexo A.5.

Según el cronograma y planificación para las instalaciones sanitaria en la vivienda multifamiliar el tiempo de ejecución será de 75 días calendario.

3.5.- APORTE ACADÉMICO DEL ESTUDIANTE

El aporte académico está basado en el objetivo de realizar un programa informático para las instalaciones sanitarias en edificaciones o viviendas, se utilizó el lenguaje de programación “JAVA” el funcionamiento está explicado en el “**manual del usuario**” contenido en el programa que fue nombrado “SIS-AGUA”, donde el diseño y el funcionamiento es realizado por el autor y la programación con la ayuda de un ingeniero informático, (ver figura 3.9).

Fig. 3.9 Programa “SIS-AGUA” aporte académico



Fuente: Elaboración propia

3.5.1.- Descripción del programa informático “SIS-AGUA”

El programa realiza los siguientes diseños que son:

A.- Agua fría y caliente

En esta opción contiene los dimensionamientos de:

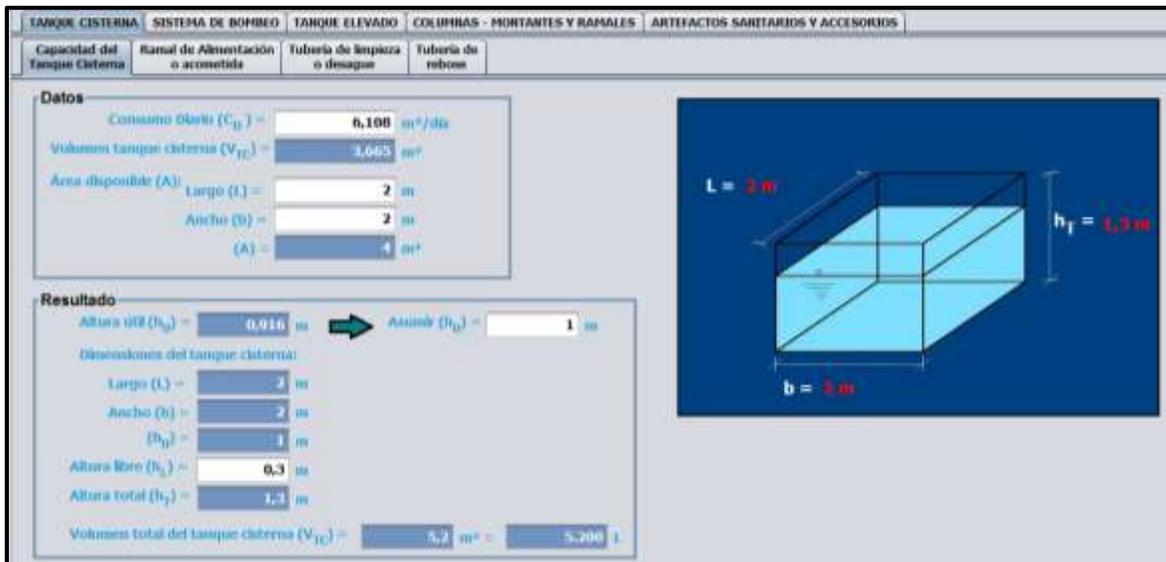
a.-Diseño del tanque cisterna

1.- Capacidad del tanque cisterna

Los datos que se deben introducir son:

- ◆ El consumo diario
- ◆ El área disponible
- ◆ La altura útil
- ◆ La altura libre

Obteniéndose resultados de las dimensiones del tanque cisterna como se muestra en la siguiente figura:

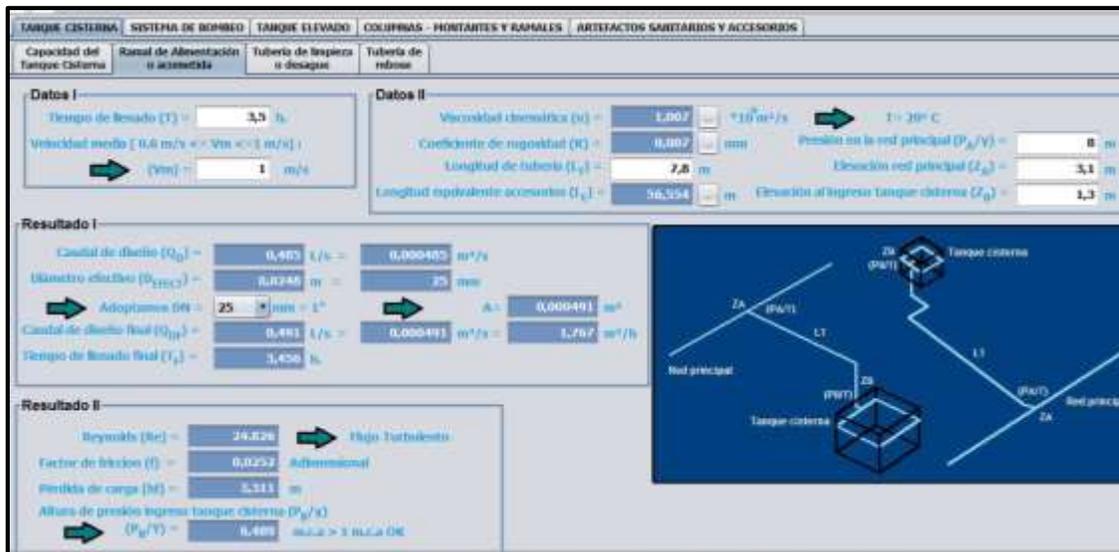


2.- Ramal de alimentación o acometida

Los datos que se deben introducir son:

- ◆ Tiempo de llenado
- ◆ Velocidad media
- ◆ Viscosidad cinemática
- ◆ El coeficiente de rugosidad de la tubería
- ◆ Longitud de tubería
- ◆ Longitud equivalente de accesorios
- ◆ Presión en la red principal
- ◆ Elevación red principal
- ◆ Elevación al ingreso tanque cisterna

Obteniéndose resultados de la tubería de alimentación hacia el tanque cisterna como se muestra en la siguiente figura:

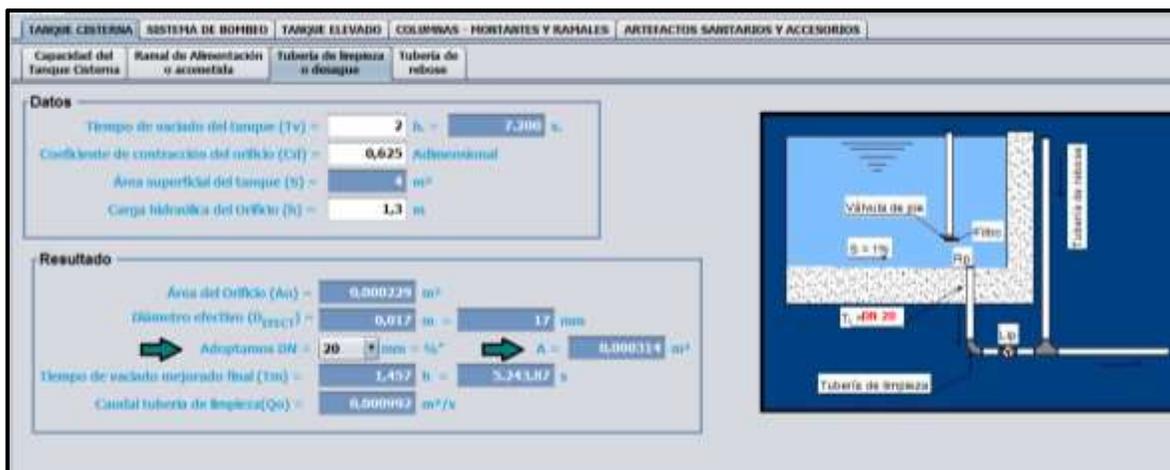


3.- Tubería de limpieza o desagüe

Los datos a introducir:

- ◆ Tiempo de vaciado del tanque
- ◆ Coeficiente de contracción del orificio
- ◆ Carga hidráulica del orificio

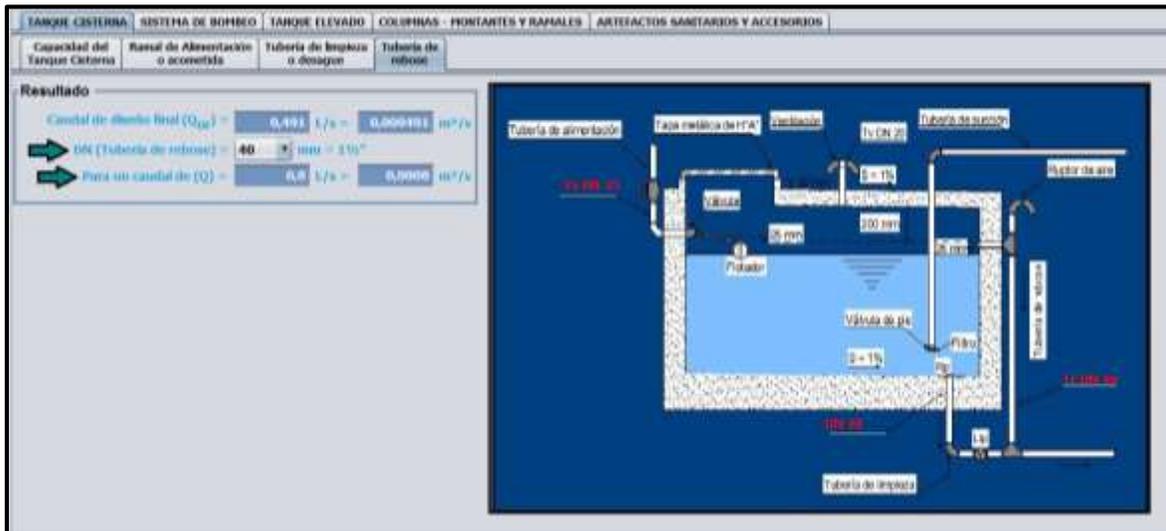
Como resultado nos indica el diámetro de tubería de limpieza de acuerdo a la siguiente figura:



4.- Tubería de rebose:

El programa arrastra el resultado del caudal de alimentación o acometida para obtener el diámetro de la tubería de rebose.

Obteniéndose resultados de la sección de tubería de rebose como se muestra en la siguiente figura:



b.- Diseño de sistema de bombeo

1.- Caudal de bombeo

Los datos a introducir:

- ◆ Número de periodos de bombeo
- ◆ Tiempo de bombeo por periodo

Obtenemos el caudal de bombeo como se muestra en la siguiente figura:

TABLA DE DATOS DE ENTRADA:

Caudal de bombeo	Tubería de impulsión	Tubería de succión	Altura manométrica de bombeo	Potencia de la bomba	Carga neta de succión

Datos:

- Número de periodos de bombeo (N_{pb}) = 3 Periodos
- Tiempo de bombeo por periodo (T_b) = 0,833 h
- Consumo diario (C_d) = 6,100 l

Resultado:

- Número de horas de bombeo (N) = 2,499 <- 6 h Cumple II
- Caudal de bombeo (Q_b) = 0,679 L/s = 0,000679 m³/s

Referencia:

	Periodos de bombeo	Horas por Periodo	N (h)
Departamentos y hoteles	3	1,5	4,5
Hospitales	3	2	6
Industrias	2	2	4

2.- Tubería de impulsión

El programa arrastra los resultados de:

- ◆ Número de horas de bombeo
- ◆ Caudal de bombeo

Obtenemos la sección de la tubería de impulsión como se muestra en la siguiente figura:

Datos:

- Número de horas de bombeo (N) = 2,499 h
- Caudal de bombeo (Q_b) = 0,000679 m³/s

Resultado:

- Diámetro de tubería de bombeo (D_b) = 0,019 m = 19 mm
- Adoptamos DN = 20 mm = 3/4" → A = 0,000314 m²
- Velocidad de circulación (V_c) = 2,161 m/s <- 3m/s Cumple II

Diagrama de la tubería de impulsión:

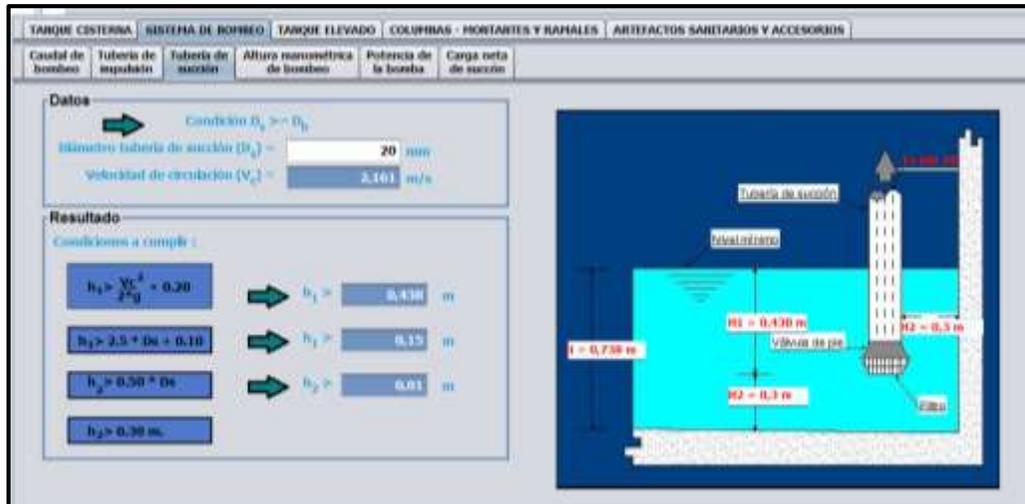
- Tubería de impulsión
- Válvula
- Filtro
- Colector
- Boa de inspección 800mm * 800 mm
- Tapa metálica de H¹/2"
- 25 mm
- 100 mm
- 300 mm

3.- Tubería de succión

- ◆ Diámetro tubería de succión

El programa arrastra el valor de la velocidad de circulación en la tubería de succión

Se obtiene resultados de la ubicación de la tubería de succión como se muestra en la siguiente figura:



4.- Altura manométrica de bombeo

- ◆ Velocidad de circulación
- ◆ Longitud de tubería de impulsión
- ◆ Longitud equivalente de accesorios impulsión
- ◆ Longitud de tubería de succión
- ◆ Longitud equivalente de accesorios succión
- ◆ Altura geométrica de succión
- ◆ Altura geométrica de impulsión
- ◆ Viscosidad cinemática
- ◆ Coeficiente de rugosidad tubería de impulsión
- ◆ Coeficiente de rugosidad tubería de succión

Obtenemos el resultado de la altura de bombeo como se muestra en la siguiente figura:

TANQUE CISTERNA		SISTEMA DE BOMBEO		TANQUE ELEVADO	COLUMNAS - MONTANTES Y RAMALES	ARTEFACTOS SANITARIOS Y ACCESORIOS
Caudal de bombeo	Tubería de impulsión	Tubería de succión	Altura manométrica de bombeo	Potencia de la bomba	Carga neta de succión	
Datos						
Velocidad de circulación (V_c) =	2,161 m/s					
Diámetro tubería impulsión (DN_i) =	20 mm - 3/4"					
Diámetro tubería succión (DN_s) =	20 mm - 3/4"					
Longitud de tubería de impulsión (L_{II}) =	22,75 m					
Longitud equivalente accesorios impulsión (L_{EII}) =	6,642 m					
Longitud de tubería de succión (L_{IS}) =	1,55 m					
Longitud equivalente accesorios succión (L_{EIS}) =	10,7 m					
Altura geométrica de succión (H_{GS}) =	1,2 m					
Altura geométrica de impulsión (H_{GI}) =	23,75 m					
Resultado						
Pérdida de carga por impulsión (h_{fI}) =	8,008 m					
Pérdida de carga por succión (h_{fS}) =	3,315 m					
Altura manométrica de impulsión (H_{II}) = $h_{fI} + H_{GI}$ =	31,758 m					
Altura manométrica de succión (H_{IS}) = $h_{fS} + H_{GS}$ =	4,515 m					
Altura manométrica de bombeo (H_b) = $H_{II} + H_{IS}$ =	36,272 m					

Viscosidad cinemática (ν) = 1,007 $\times 10^{-6}$ m²/s → t = 20° C

Coefficiente de rugosidad para la tubería de impulsión (K_i) = 0,007 mm

Coefficiente de rugosidad para la tubería de succión (K_s) = 0,007 mm

5.- Potencia de la bomba

- ◆ Eficiencia de la bomba

El programa arrastra los resultados de:

- ◆ Caudal de bombeo
- ◆ Altura manométrica de bombeo

Obtenemos resultados de potencia de bombeo como se muestra en la siguiente figura:

TANQUE CISTERNA		SISTEMA DE BOMBEO		TANQUE ELEVADO	COLUMNAS - MONTANTES Y RAMALES	ARTEFACTOS SANITARIOS Y ACCESORIOS
Caudal de bombeo	Tubería de impulsión	Tubería de succión	Altura manométrica de bombeo	Potencia de la bomba	Carga neta de succión	
Datos						
Caudal de bombeo (Q_p) =	0,000679 m ³ /s = 0,679 l/s					
Altura manométrica de bombeo (H_b) =	36,272 m					
Eficiencia (η) =	80 % = 0,8					
Resultado						
Potencia teórica en lvs. (P_b) =	0,502 kw					
Potencia teórica en Cv. (P_b) =	0,41 Cv					
Potencia teórica en Hp. (P_b) =	0,403 Hp					

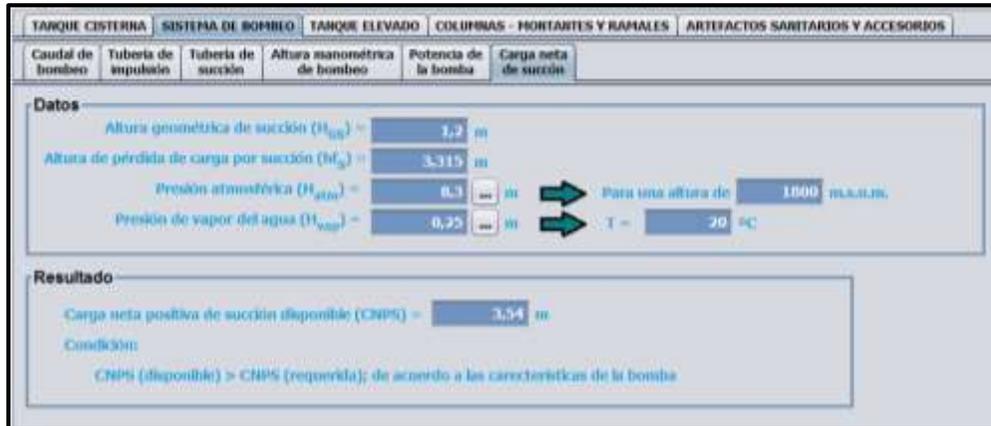
6.- Carga neta de succión

- ◆ Presión atmosférica
- ◆ Presión de vapor de agua

El programa arrastra los resultados de:

- ◆ Altura geométrica de succión
- ◆ Altura de pérdida de carga por succión

Obtenemos resultados para prevenir la cavitación en el sistema de bombeo como se muestra en la siguiente figura:



c.- Diseño del tanque elevado

1.- Capacidad del tanque elevado

- ◆ El consumo diario
- ◆ El área disponible
- ◆ La altura útil
- ◆ La altura libre

Obtenemos resultados de las dimensiones del tanque elevado como se muestra en la siguiente figura:

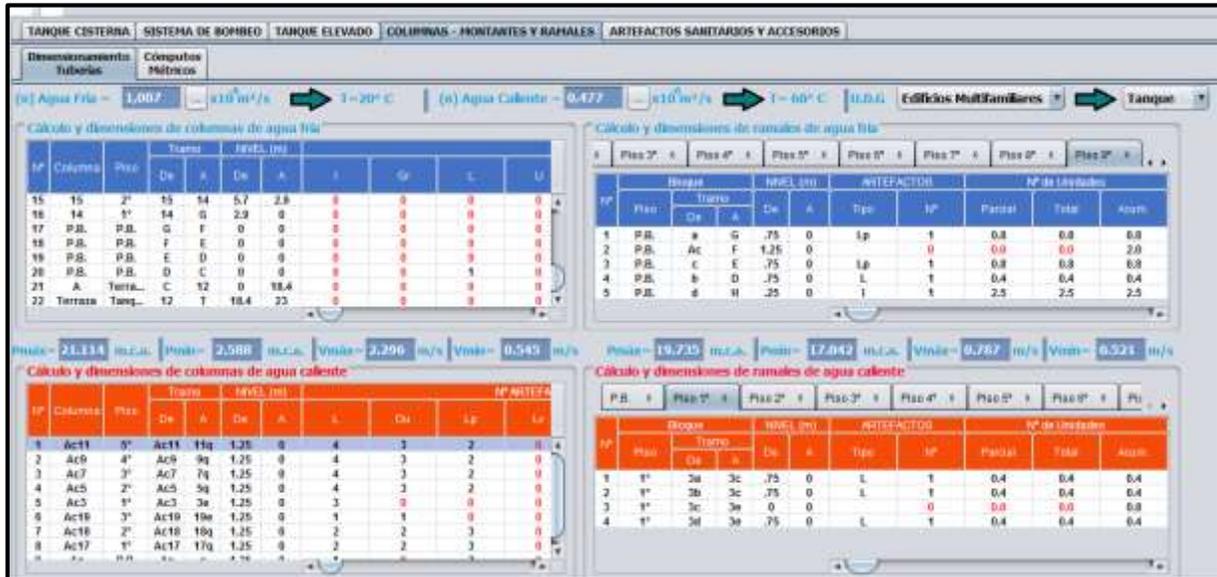
2.- Tubería de limpieza o desagüe

- ◆ Tiempo de vaciado del tanque
- ◆ Coeficiente de contracción del orificio
- ◆ Carga hidráulica del orificio

Obtenemos resultados de la tubería de limpieza como se muestra en la siguiente figura:

3.- Tubería de rebose

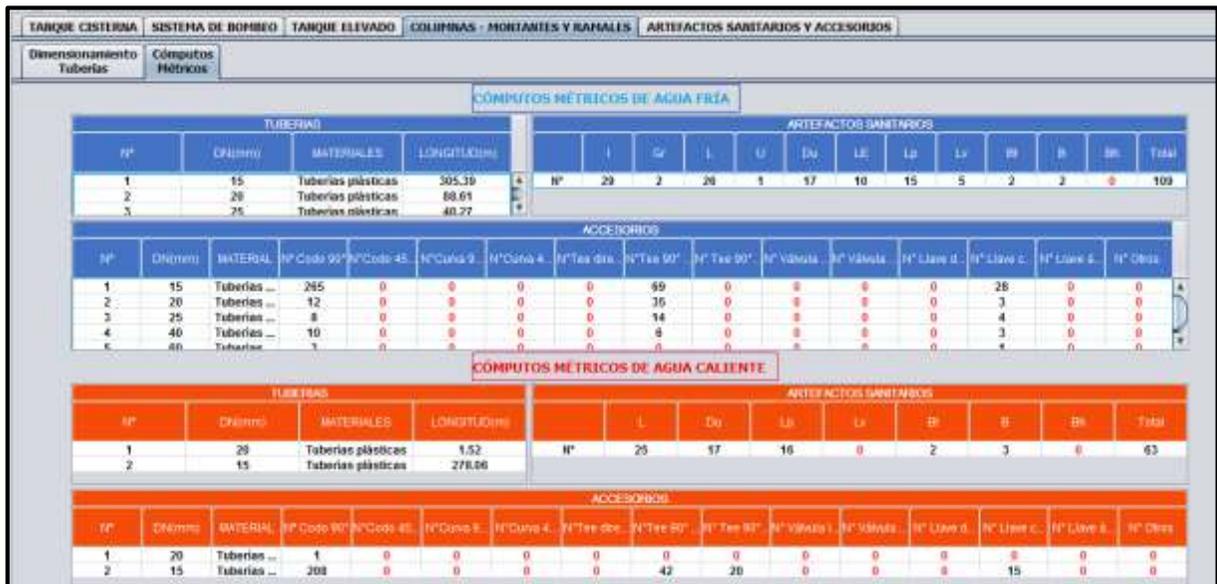
El programa arrastra el resultado del caudal de alimentación o acometida para obtener el diámetro de la tubería de rebose.



2.- Cómputos métricos

El programa realiza el cómputo de la cantidad de material y accesorios que se necesita en función al diámetro; también nos indica el número de artefactos sanitarios que serán alimentados tanto de agua fría como caliente.

Los resultados se muestran en la siguiente figura:



B.- Drenaje sanitario

Con esta opción dimensionaremos el sistema para la evacuación del drenaje sanitario en la edificación.

a.- Cálculos drenaje sanitario

1.- Cálculo de ramales de descarga

Los datos a introducir son:

- ◆ Piso de ubicación del ramal de descarga
- ◆ Ambiente o lugar
- ◆ Cantidad de artefactos que abastece el ramal
- ◆ Longitud del ramal de descarga
- ◆ Tipo de artefacto

El programa nos da resultados del diámetro y pendiente para cada ramal.

N°	Piso	Lugar	N° de artef.	Rama	Longitud R.	Artefactos	UDI	Diámetro		Pendiente
								mm	Pulg	(%)
1	5° 4° 3...	Baño 1.5...	1	Descarga	0.6	I	6	100	4"	1%
2	5° 4° 3...	Baño 1.5...	1	Descarga	0.8	L	2	40	1 1/2"	2%
3	5° 4° 3...	Baño 1.5...	1	Descarga	0.87	Du	2	40	1 1/2"	2%
4	5° 4° 3...	Baño 1.5...	1	Descarga	0.93	Rp	2	40	1 1/2"	2%
5	5° 4° 3...	Cocina 1...	1	Descarga	1.0	Lp	3	50	2"	2%
6	5° 4° 3...	Cocina 1...	1	Descarga	1.04	Rp	2	40	1 1/2"	2%
7	5° 4° 3...	Cocina 1...	1	Descarga	2.86	Lp	3	50	2"	2%
8	5° 4° 3...	Baño 2.6...	1	Descarga	0.46	I	6	100	4"	1%
9	5° 4° 3...	Baño 2.6...	1	Descarga	0.75	L	2	40	1 1/2"	2%
10	5° 4° 3...	Baño 2.6...	1	Descarga	0.58	Rp	2	40	1 1/2"	2%
11	5° 4° 3...	Baño 3.7...	1	Descarga	0.47	I	6	100	4"	1%
12	5° 4° 3...	Baño 3.7...	1	Descarga	0.85	L	2	40	1 1/2"	2%
13	5° 4° 3...	Baño 3.7...	1	Descarga	1.02	Du	2	40	1 1/2"	2%
14	5° 4° 3...	Baño 3.7...	1	Descarga	0.6	Rp	2	40	1 1/2"	2%
15	5° 4° 3...	Lavanderi...	1	Descarga	0.93	LE	3	50	2"	2%
16	5° 4° 3...	Lavanderi...	1	Descarga	1.12	LE	3	50	2"	2%
17	5° 4° 3...	Lavanderi...	1	Descarga	1.11	Ly	3	40	1 1/2"	2%
18	5° 4° 3...	Lavanderi...	1	Descarga	0.68	Bu	3	40	1 1/2"	2%

2.- Cálculo de ramales sanitarios

Se debe introducir los siguientes datos:

- ◆ Piso de ubicación del ramal sanitario
- ◆ Numero o nomenclatura que identifique la tubería sanitaria Ts(N°)
- ◆ Longitud del ramal sanitario
- ◆ Cantidad de artefactos que descargan a través de la tubería sanitaria

Se obtendrán resultados del diámetro y pendiente para cada ramal sanitario.

N°	Piso	Tubo	Ramal	Longitud R.	N° de Artefactos sanitarios													UCh Acum.	Diámetro			Pendientes	
					F	B	BB	BH	Du	L	Lp	Lx	LE	U	Rg	LE	U		Rg	mm	PG		(%)
1	5°	Ts1	Sanitar...	0.74	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	50	2"	2%
2	5°	Ts2	Sanitar...	1.11	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	15	100	4"	1%
3	5°	Ts3	Sanitar...	1.40	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	5	50	2"	2%
4	5°	Ts4	Sanitar...	0.74	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	4	50	2"	2%
5	5°	Ts5	Sanitar...	0.0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	4	15	100	4"	1%
6	5°	Ts6	Sanitar...	0.04	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	50	2"	2%
7	5°	Ts7	Sanitar...	0.90	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	12	100	4"	1%
8	5°	Ts8	Sanitar...	1.47	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	3	0	0	0	2	11	75	3"	2%
9	5°	Ts9	Sanitar...	0.76	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	50	2"	2%
10	5°	Ts10	Sanitar...	0.01	1	0	0	0	1	1	0	1	2	0	2	3	0	0	4	23	100	4"	1%
11	4°	Ts11	Sanitar...	0.74	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	50	2"	2%
12	4°	Ts12	Sanitar...	1.11	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	2	15	100	4"	1%
13	4°	Ts13	Sanitar...	1.40	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	5	50	2"	2%
14	4°	Ts14	Sanitar...	0.74	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	4	50	2"	2%
15	4°	Ts15	Sanitar...	0.0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	4	15	100	4"	1%
16	4°	Ts16	Sanitar...	0.04	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	50	2"	2%
17	4°	Ts17	Control	0.00	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	50	2"	2%

3.- Cálculo de ramales de ventilación

Se introducirá:

- ◆ Piso de ubicación del ramal de ventilación
- ◆ Numero o nomenclatura que identifique la tubería de ventilación Tv(N°)
- ◆ Longitud del ramal de ventilación
- ◆ Cantidad de artefactos que se ventilaran a través de la tubería de ventilación

Los resultados son el diámetro del ramal de ventilación, la pendiente y la distancia máxima desde la CaI hasta el ramal de ventilación.

N°	Piso	Tv(N°)	Ramal	Longitud R.	N° de Artefactos sanitarios													UCh Acum.	D. Ventilacion			Dist. Max. C.	
					F	B	BB	BH	Du	L	Lp	Lx	LE	U	Rg	LE	U		Rg	mm	PG		(%)
1	5°	Tv1	Ventila...	1.10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	12	50	2"	1%	1.2
2	5°	Tv2	Ventila...	2.14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	40	1 1/2"	1%	1
3	5°	Tv3	Ventila...	0.78	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	3	40	1 1/2"	1%	1
4	5°	Tv4	Ventila...	1.23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	5	40	1 1/2"	1%	1
5	5°	Tv5	Ventila...	0.97	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	10	50	2"	1%	1.2
6	5°	Tv6	Ventila...	1.02	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	12	50	2"	1%	1.2
7	5°	Tv7	Ventila...	0.06	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	8	40	1 1/2"	1%	1
8	5°	Tv8	Ventila...	1.26	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	12	50	2"	1%	1.2
9	4°	Tv9	Ventila...	1.10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	12	50	2"	1%	1.2
10	4°	Tv10	Ventila...	2.14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	40	1 1/2"	1%	1	
11	4°	Tv11	Ventila...	0.78	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0	0	3	40	1 1/2"	1%	1
12	4°	Tv12	Ventila...	1.23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	5	40	1 1/2"	1%	1
13	4°	Tv13	Ventila...	0.97	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	10	50	2"	1%	1.2
14	4°	Tv14	Ventila...	1.02	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	12	50	2"	1%	1.2
15	4°	Tv15	Ventila...	0.06	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0	0	8	40	1 1/2"	1%	1
16	4°	Tv16	Ventila...	1.26	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	12	50	2"	1%	1.2
17	4°	Tv17	Ventila...	1.10	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	2	12	50	2"	1%	1.2

4.- Cálculo de bajantes sanitarios

Calculo Drenaje Sanitario

Calculo de columnitas de ventilación

Nº	Nº Columna	Piso	Longitud C	Nº de Afectado sanitarios												Diámetro de la tubería		Diámetro de ventilación		L. max. vert.	Cota. tub.	L. m. c. l. f.
				A	B	DE	DI	DU	U	LV	LE	U	RV	mm	plg	mm	plg					
1	V1 → B1	5º a 2º	53.0	4	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	80	3"	60	2½"	20	13.0	OK
2	V2 → B2	5º a Pb.	56.4	5	0	0	0	4	5	4	0	4	0	5	32	100	4"	75	3"	61	23.4	OK
3	V3 → B3	5º a Pb.	56.6	4	0	0	0	4	4	0	0	0	0	4	48	100	4"	60	2½"	20	16.6	OK
4	V4 → B4	5º a Pb.	56.6	4	0	0	0	4	4	0	4	4	0	0	30	100	4"	60	2½"	20	16.6	OK
5	V5 → B5	1º a Pb.	56.6	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	16	100	4"	60	2½"	20	16.6	OK
6	V6 → B6	1º a Pb.	56.6	4	0	0	0	2	0	0	0	1	4	41	100	4"	60	2½"	20	16.6	OK	
7	V7 → B7	3º a Pb.	54.2	4	0	0	0	1	3	0	0	0	2	30	100	4"	60	2½"	20	14.2	OK	
8	V8 → B8	3º a Pb.	11.83	2	3	2	0	5	0	1	2	0	0	11	100	4"	60	2½"	20	11.83	OK	
9	V9 → B9	2º a Pb.	9.85	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	20	75	3"	50	2"	20	9.85	OK	

b.- Diseño de colectores sanitarios

Se deben introducir los siguientes datos:

- ◆ Rugosidad de la tubería
- ◆ Criterio para el dimensionamiento de la pendiente
- ◆ Si el sistema funcionará con tanque o válvula de descarga
- ◆ El tramo a calcular con su identificación del número de colector
- ◆ Las cargas que debe soportar la tubería
- ◆ Unidades de gasto que deberá desalojar el colector
- ◆ Cota terreno
- ◆ Longitud de la proyección horizontal de la tubería

El programa nos indicara para cada colector el diámetro, pendiente, velocidad, funcionamiento hidráulico a tubo lleno y parcialmente lleno, la profundidad hacia la cota radier y los volúmenes de excavación.

DRENAJE SANITARIO

Calculo Drenaje Sanitario

Rugosidad (n) 0.013

Selección Dimensionamiento de colectores sanitarios

Tanque

Colectores Sanitarios

Nº	Tramo		Nº Colect.	Carga	Caudal			Q	%	CPT		Paso Libre		Velocidad	
	De	A			litros	l/s	l/s			l/s	mm	plg	l/s		mm
1	CR-2	CR-4	C3	Trafico de vertidos sanitarios	142	0.0016	1.6	0.01	1.3	100	4"	0.002	5.2	0.008	43.0
2	CR-3	CR-3	C2	Trafico de vertidos sanitarios	40	0.001	1.0	0.02	2.0	100	4"	0.002	7.3	0.021	27.0
3	CR-4	CR-6	C3	Trafico de vertidos sanitarios	222	0.0024	2.4	0.04	4.0	100	4"	0.010	10.3	1.317	35.0
4	CR-5	CR-2	C4	Trafico de vertidos sanitarios	263	0.0027	2.7	0.01	1.0	100	6"	0.010	15.2	0.063	45.0
5	CR-3	CR-2	C3	Trafico de vertidos sanitarios	327	0.0034	3.4	0.01	1.0	100	6"	0.010	15.2	0.063	48.0
6	CR-6	CR-2	C4	Trafico de vertidos sanitarios	31	0.0011	1.1	0.015	1.5	100	4"	0.005	9.3	0.008	30.0
7	CR-2	CR-1	C7	Trafico de vertidos sanitarios	437	0.0048	4.8	0.01	1.0	100	6"	0.010	15.2	0.063	55.0

Calculos metricos colectores sanitarios

Tubo Total				Volúmenes Total (m³)		
Nº	mm	plg	Longitud Drenaje	Excavación	Área	Radier
1	100	4"	18.336	34.008	3.600	20.713

C.- Drenaje pluvial

Esta tercera opción realiza los siguientes dimensionamientos:

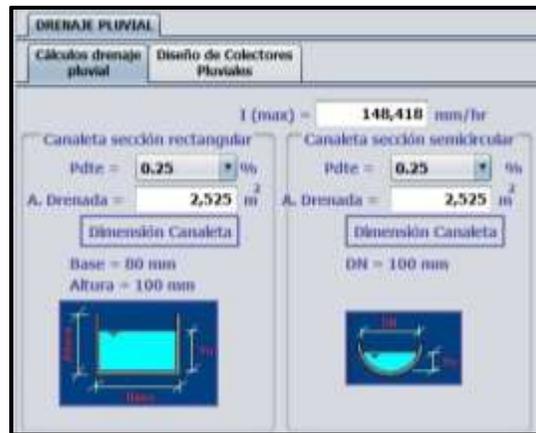
a.- Cálculos drenaje pluvial

1.- Sección de canaleta

Los datos a introducir son:

- ◆ La pendiente que tendrá la canaleta
- ◆ La intensidad máxima
- ◆ Área a ser drenada por la canaleta

Como resultado el programa nos indicara las dimensiones de la sección de canaleta bien sea rectangular o semicircular.



2.- Caudal en tuberías de limpieza o desagüe

Se debe introducir los siguientes datos:

- ◆ Son los resultados obtenidos en el diseño de los tanques cisterna y elevado de las tuberías de limpieza.

Nº	QTL	Q(m³/s)	DN		Longit...
	Nº Tuberías de lim...		mm	plg.	
1	TL1	5.24E-4	40	1½"	10.48
2	TL2	9.92E-4	40	1½"	7.56

3.- Caudales en sumideros

Se introducirá:

- ◆ El área que deberá desalojar el sumidero.

N°	N° Sumidero	Area	Q
		(m ²)	m ³ /s
1	S1	92.4	0.0033
2	S2	21.5	8.0E-4
3	S3	33.6	0.0012

4.- Cálculo de bajantes pluviales

Debemos introducir:

- ◆ El número de bajante B(N°) pluvial.
- ◆ El área que evacua dicha bajante.

El programa nos muestra los resultados del diámetro y el caudal que evacuaran las bajantes pluviales.

N°	N° Bajante	Area	Diámetro		n = C/S	hD + 20	L = 2πrD	Q ₁	Q
		(m ²)	mm	plg			m	m	m ³ /s
1	B1	37.7	100	4"	0.02	0.2	0.628	0.00357	0.001
2	B2	37.7	100	4"	0.02	0.2	0.628	0.00357	0.001
3	B3	37.3	100	4"	0.02	0.2	0.628	0.00357	0.001
4	B4	37.3	100	4"	0.02	0.2	0.628	0.00357	0.001
5	B5	21.0	75	3"	0.015	0.2	0.471	0.00178	8.0E-4
6	B6	35.0	100	4"	0.02	0.2	0.628	0.00357	0.001
7	B7	48.2	100	4"	0.02	0.2	0.628	0.00357	0.001
8	B8	18.5	75	3"	0.015	0.2	0.471	0.00178	7.0E-4

b.- Diseño de colectores pluviales

Se deben introducir los siguientes datos:

- ◆ Rugosidad de la tubería
- ◆ Criterio para el dimensionamiento de la pendiente
- ◆ El tramo a calcular con su identificación del número de colector
- ◆ Las cargas que debe soportar la tubería
- ◆ El caudal que deberá desalojar el colector

- ◆ Cota terreno
- ◆ Longitud de la proyección horizontal de la tubería

El programa nos indicara para cada colector el diámetro, pendiente, velocidad, funcionamiento hidráulico a tubo lleno y parcialmente lleno, la profundidad hacia la cota radier y los volúmenes de excavación.

DISEÑO PLUVIAL

Cálculo drenaje pluvial Diseño de Colectores Pluviales

Rugosidad (n) 0,013 Sección Relación Qp/Qr = 0,10

Colectores Pluviales

Nº	Tramo			Cargas	Co				Di				Tubo Clase		
	Co	A	Pº Colect.		(m³/s)	(L/s)	mm	%	mm	(kg)	Q (l/s)	(L/s)	(m/s)	V _{pl}	
3	S1	CR-3	C3	Trafico de vehiculos livianos	0,0043	4,3	0,012	1,2	100	4"	0,0057	5,7	0,721	6"	
4	CR-3	CR-6	C4	Trafico de vehiculos livianos	0,0056	5,6	0,008	0,8	150	6"	0,0136	13,6	0,772	7"	
5	CR-4	S2	C5	Trafico de vehiculos livianos	0,0013	1,3	0,016	1,6	75	3"	0,003	3,0	0,887	2"	
6	CR-5	S2	C6	Trafico de vehiculos livianos	0,004	4,0	0,016	1,6	75	3"	0,003	3,0	0,887	2"	
7	S2	S3	C7	Trafico de vehiculos livianos	0,0029	2,9	0,012	1,2	100	4"	0,0057	5,7	0,721	5"	
8	S3	CR-6	C8	Trafico de vehiculos livianos	0,0041	4,1	0,012	1,2	100	4"	0,0057	5,7	0,721	6"	
9	CR-6	CL-1	C9	Trafico de vehiculos livianos	0,011	11,0	0,006	0,6	200	6"	0,0254	25,4	0,809	8"	
10	CL-1	SL-3	C10	Trafico de vehiculos livianos	0,0127	12,7	0,006	0,6	200	6"	0,0254	25,4	0,809	8"	
11	CR-7	SL-4	C11	Circulacion peatonal en aceras y veredas	7,0E-4	0,7	0,016	1,6	75	3"	0,003	3,0	0,887	2"	

Computos métricos colectores pluviales:

Tubo Clase		Volumen Tubería (m³)		
Nº	Co	Excavación	Arma	Radier
3	150	8"	8,66	4"
4	75	7"	5,77	3"

Profund. de Excav. 0,10m

CONCLUSIONES

- Al realizar los cálculos de las instalaciones sanitarias en la vivienda multifamiliar ubicada en el barrio San Luis, aplicando la norma vigente RENISDA y los criterios de la ingeniería obtendremos un diseño técnico-económico factible para ser ejecutado.
- Con la creación del programa informático SIS-AGUA se optimizará el tiempo en el diseño ya que es netamente para las instalaciones sanitarias en viviendas o edificaciones.
- Todo proyecto de sistema de instalaciones sanitarias domiciliarias deberá ser desarrollado en forma armónica con el diseño arquitectónico y las otras ramas de la Ingeniería: suelos, estructuras, electricidad, etc., de manera de lograr la mejor eficiencia entre todas las exigencias técnicas y económicas que implican el cumplimiento de la norma RENISDA.
- Es responsabilidad del proyectista la correcta aplicación del reglamento RENISDA tanto en los aspectos técnicos, que aseguren el correcto funcionamiento de los sistemas instalados, así como en la selección de los materiales más adecuados que garanticen la durabilidad de las instalaciones domiciliarias.
- Para lograr un funcionamiento óptimo del sistema de instalaciones sanitarias en una vivienda multifamiliar, en el transcurso de su vida útil, no basta solo con un cálculo correcto de las distintas instalaciones, ya que, es necesario también brindarles un mantenimiento periódico, adecuado y profesional de cada uno de sus componentes.
- Una correcta instalación de agua potable, drenajes sanitario y pluvial en una vivienda multifamiliar disminuye el riesgo de contraer enfermedades infecciosas y mejora la calidad de vida.
- La presión mínima que requiera el artefacto sanitario más crítico para alimentarlo de agua potable en la vivienda multifamiliar y en función a la presión en la red principal de agua potable, nos indicarán que sistema de abastecimiento debemos utilizar si es directo, indirecto, indirecto con bombeo o mixto.
- La altura del tanque elevado está en función al artefacto sanitario que posee la presión mínima requerida para su funcionamiento en toda la instalación de agua para la vivienda multifamiliar.
- La potencia de una bomba centrífuga es mayor de los datos de la prueba que nos indica el fabricante a los resultados obtenidos en los cálculos, por lo que es necesario la comparación de la curva característica de la bomba entre la curva del sistema para seleccionar la potencia que realmente se debe utilizar.

- En el cálculo de columnas o montantes y ramales de agua fría y caliente se comprobaron las siguientes condiciones:
 - Mayor diámetro aumenta la presión, menor diámetro disminuye la presión.
 - Mayor diámetro disminuye la velocidad, menor diámetro aumenta la velocidad.
 - Mayor diámetro disminuye la pérdida de carga, menor diámetro aumenta la pérdida de carga.
- Al comprobar el comportamiento hidráulico de los colectores de drenaje sanitario y pluvial se verifica su óptimo funcionamiento cuando trabajan a tubo lleno y parcialmente lleno.
- Actualmente es necesario la utilización de programas informáticos para el diseño y cálculo en las instalaciones sanitarias, obteniéndose resultados en menor tiempo.

RECOMENDACIONES

- Garantizar que las instalaciones de agua potable y drenaje de aguas residuales y pluviales estén diseñadas de manera que puedan ser mantenidas durante la vida útil del inmueble, garantizando la continuidad y efectividad del servicio de acuerdo a los estándares establecidos.
- Para las instalaciones de agua fría y caliente las tuberías que forzosamente deberán ir por encima de la losa de H°A° en el contrapiso y los muros de ladrillo, por consiguiente se debe vaciar una carpeta de mortero mayor o igual al diámetro de la tubería o como alternativa realizar el picado en la losa de H°A° de manera que encaje la tubería, en los muros se debe esconder la tubería con el picado del ladrillo y tapándolo con el revoque u obra fina sin dañar las columnas y vigas de H°A°.
- Como recomendaciones es necesario realizar la instalación de una tubería auxiliar o sistema directo para alimentar algunos pisos en la vivienda multifamiliar de acuerdo a la presión disponible en la red principal de agua potable, cuando se tenga que realizar limpieza en los tanques cisterna y elevado, cuando la bomba no funcione o haya cortes de energía eléctrica.
- Las tuberías de pvc son instaladas en menor tiempo para el agua potable, pero en lugares donde las tuberías estén en la intemperie y existan muchos impactos o cargas elevadas no es recomendable la utilización de tuberías de pvc sino que se debe tener en cuenta la utilización de tuberías de fierro galvanizado o cobre.
- En las instalaciones para el drenaje sanitario y pluvial deben ubicarse de tal manera que no comprometan los elementos estructurales, se los deberá instalar por debajo de la losa de H°A°

donde las tuberías serán cubiertas a través de un cielo falso, las bajantes se los instalará a través de los shafs de acuerdo a los planos, que posteriormente serán evacuados a través de los colectores hacia el alcantarillado.

- Para el drenaje pluvial en las terrazas y patios se debe dar la pendiente requerida según lo indicado en la norma, para que se puedan conducir las aguas de lluvia hacia los sumideros.
- Las tuberías para los colectores de drenaje sanitario y pluvial que excedan las profundidades establecidas es recomendable la utilización de tuberías de hormigón.
- Cuando no se cuente con un colector público de drenaje o alcantarillado pluvial, el inmueble deberá evacuar las aguas pluviales directamente sobre la calzada, al pie del cordón de la acera.
- Antes de poner en funcionamiento el sistema de instalación sanitaria se debe verificar que no haya fugas ni malas conexiones.
- A la hora de tomar decisiones importantes en los sistemas de instalaciones sanitarias en edificaciones se deben revisar los cálculos, resultados porque son varias tablas y muchas condiciones que se deben cumplir en función a la norma, ya que al haber fayas puede ocasionar sobrecarga en el sistema de las distintas instalaciones ocasionando un mal funcionamiento de los artefactos sanitarios.
- Es importante conocer las pérdidas de carga de los distintos materiales que se utilizarán en la instalación sanitaria de agua fría y caliente para obtener resultados más precisos.
- En proyectos de gran importancia, cuando se utilicen programas informáticos para el diseño de las instalaciones sanitarias se deben revisar los resultados, esto debido a que los programas no son para todo tipo de situaciones en la instalación o se hayan introducido mal los datos, como consecuencia se obtendrían resultados no coherentes.