

# CAPÍTULO 1

## ASPECTOS GENERALES

### **1.1. Antecedentes.**

La Carrera de Ingeniería Civil fue creada el 4 de octubre de 1979 un sistema académico anualizado, cuyo objetivo fue la de formar Licenciados en Ingeniería Civil.

La Carrera de Ingeniería Civil está conformada por tres departamentos: departamento de obras hidráulicas y sanitarias; departamento de estructuras y ciencias de los materiales; departamento de topografía y vías de comunicación.

El departamento de obras hidráulicas y sanitarias cuenta con un laboratorio de hidráulica que inicia sus actividades en la gestión de 1997, nace con la necesidad de contar con ingenieros civiles de alta formación práctica que complementen el contenido teórico adquirido de las asignaturas relacionadas con la hidráulica e hidrología y su aplicación práctica. Actualmente el laboratorio no realiza practicas con respecto a las materias de Ingeniería Sanitaria I (CIV 431) e Ingeniería Sanitaria II (CIV 432).

Realizando una investigación de las universidades a nivel nacional, se encontró que la Universidad Privada del Valle cuenta en su malla académica con un laboratorio de ingeniería sanitaria, las cuales fortalecen y complementan las materias teóricas. Los estudiantes de dicha universidad realizan las siguientes prácticas en el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria: Instalaciones sanitarias domiciliarias “Sistema de agua potable”; Calidad del agua; Verificación hidráulica de red de agua potable en tuberías; Instalaciones sanitarias domiciliarias “Sistema de drenaje” y verificación de las condiciones hidráulicas de colectores del Campus (Inspección de Cámaras).

De lo anteriormente descrito, podemos observar que la Universidad Privada del Valle cuenta con varias prácticas que ayudan a comprender los temas pertinentes.

## **1.2. Justificación del proyecto.**

La necesidad de llevar lo aprendido en un aula de clases por medio de los métodos teóricos a un ámbito más real se ha convertido en un factor muy importante a la hora de desarrollar una mejor competitividad, puesto que la importancia del trabajo práctico le permite al estudiante la experimentación y el descubrimiento de sus habilidades y lo ayuda a salir de esquemas mentales que muchas veces se forjan cuando no se le permite a los jóvenes descubrir el mundo y las cosas relevantes en las investigaciones por medio de lo que se puede aprender de los experimentos.

Por esta razón, una nueva tendencia a nivel mundial ha tomado fuerza, donde las instituciones educativas están buscando formas de llevar la enseñanza a un ámbito más cercano a la realidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, este proyecto tiene como finalidad crear esos espacios de prácticas por medio del montaje de un módulo para realizar prácticas de instalaciones hidrosanitarias y pruebas hidráulicas, dado a ello este módulo servirá como herramienta pedagógica y complemento de teorías dichas en clases, donde el docente podrá explicar de manera más didáctica, clara y precisa temas relacionados con las instalaciones hidrosanitaria como parte de los procesos de formación de los estudiantes como profesionales.

Además, les permitirá a los estudiantes de ingeniería familiarizarse y ampliar más el conocimiento sobre la cantidad de diversos accesorios que existen en el mercado, la variación que puede existir entre el uso de un material a otro, el uso que se le da a cada uno según su función y la forma de instalar y conectar aparatos sanitarios y tuberías, donde el estudiante a futuro como ingeniero civil tenga conocimiento sobre instalaciones hidrosanitarias y puedan generar diseños hidrosanitarios en sus futuros proyectos de construcción.

### **1.3. Planteamiento del problema.**

Los enfoques modernos de la ingeniería requieren un “ambiente de aprendizaje que optimicen el conocimiento de los estudiantes”. Algunas veces puede ser necesario un enfoque formal (clase), pero más a menudo se utilizará un enfoque práctico (laboratorio).

El trabajo de laboratorio favorece y promueve el aprendizaje, pues le permite al estudiante cuestionar sus saberes y confrontarlos con la realidad. Además, el estudiante pone en juego sus conocimientos previos y los verifica mediante las prácticas. La actividad experimental no solo debe ser vista como una herramienta de conocimiento, sino como un instrumento que promueve los objetivos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Durante toda nuestra formación académica contamos con varias prácticas de laboratorio que nos ayuda a fortalecer el conocimiento.

La carrera de Ingeniería Civil cuenta con varios laboratorios como ser:

**a) Laboratorio de hidráulica.** Las pruebas que se realizan son:

- ❖ Localización de centro de presiones.
- ❖ Medidor Parshall y Garganta Cortada.
- ❖ Principio de cantidad de movimiento.
- ❖ Pérdida de carga en tubería.
- ❖ Principio de Bernoulli.
- ❖ Salto hidráulico.
- ❖ Aforo de corrientes.
- ❖ Sistemas de tuberías en serie y paralelo.
- ❖ Vertedores.
- ❖ Tubo de pitot y pitómetro.
- ❖ Pruebas características de una bomba centrífuga.
- ❖ Calibración de sifones para riego.
- ❖ Emisores de riego localizado.

- ❖ Prueba de infiltración.
- ❖ Aplicación en computadora.
- ❖ Evaluación de caudales en ríos.

**b) Laboratorio de suelos.** Las pruebas que se realizan son:

- ❖ Clasificación de suelos.
- ❖ Granulometría.
- ❖ Límites de Atterberg.
- ❖ Hidrómetro.
- ❖ Compactación T-99, T-180.
- ❖ Densidad in situ.
- ❖ Capacidad de soporte (Cono Holandés).
- ❖ Capacidad de soporte (SPT).
- ❖ Ensayo de CBR y Peso específico de suelos.

**c) Laboratorio de hormigones y resistencia de materiales.** Las pruebas que se realizan son:

- ❖ Dosificación de hormigones.
- ❖ Granulometría de agregado fino y grueso.
- ❖ Módulo de fineza.
- ❖ Peso específico de los agregados finos y gruesos.
- ❖ Peso unitario de agregados finos y gruesos.
- ❖ Resistencia In Situ (Esclerómetro).
- ❖ Rotura de probetas (Método de curado acelerado).
- ❖ Rotura de probetas cilíndricas y bloques de cemento.
- ❖ Ensayos de resistencia en general (Prensa Universal).

**d) Laboratorio de asfaltos.** Los ensayos que se realizan son:

- ❖ Ensayos de caracterización de bituminosos.
- ❖ Ensayos de caracterización de agregados pétreos para la conformación de mezclas bituminosas.

- ❖ Dosificación de mezclas bituminosas.
- ❖ Pruebas de calidad de carpetas asfálticas.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, no se cuenta con ninguna práctica de laboratorio durante toda la formación académica en el campo de las materias de Ingeniería Sanitaria I (CIV 431) e Ingeniería Sanitaria II (CIV 432), y el estudiante no conoce físicamente los materiales, instrumentos, equipos, etc.

Las instalaciones hidrosanitarias son muy importantes en la ingeniería, por lo cual se pretende formar estudiantes que puedan establecer los requisitos técnicos mínimos para la planificación, el diseño, la construcción y puesta en servicio de las instalaciones domiciliarias de agua potable y evacuación de aguas residuales.

#### **1.4. Hipótesis.**

El diseño e implementación de un módulo hidrosanitario mejorara las competencias académicas en los estudiantes mediante el desarrollo de prácticas de laboratorio.

#### **1.5. Objetivos del proyecto.**

##### **1.5.1. Objetivo general.**

Implementar un Módulo Hidrosanitario para el Fortalecimiento de los Conocimientos Tórico y Práctico de los Estudiantes que cursan las materias Ingeniería Sanitaria I y II de la Carrera de Ingeniería civil de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

##### **1.5.2. Objetivos específicos.**

- 1) Seleccionar los instrumentos y recursos para la formación de conocimientos en hidrosanitaria.
- 2) Diseñar las instalaciones para realizar prácticas de instalaciones hidrosanitarias y pruebas hidráulicas.
- 3) Estimar cálculos métricos y presupuesto de la infraestructura para desarrollar instalaciones hidrosanitarias con componentes para realizar pruebas hidráulicas.
- 4) Construir el módulo para uso de las prácticas de hidrosanitaria y pruebas hidráulicas.

5) Elaborar el manual de prácticas de instalaciones hidrosanitarias y pruebas hidráulicas.

### **1.6. Alcance del trabajo.**

Con esta propuesta se pretende fortalecer la formación integral y mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Civil, que cursan las materias de Ingeniería Sanitaria I (CIV 431) e Ingeniería Sanitaria II (CIV 432) implementado un módulo hidrosanitario. La cual consistirá inicialmente en seleccionar los instrumentos y recursos para la formación de conocimientos en hidrosanitaria.

Se hará una investigación exploratoria de los requerimientos de cada una de las materias que se pretende fortalecer con el fin de tener un estudio más objetivo a los requerimientos de enseñanza para el estudiante.

Para realizar la construcción del módulo hidrosanitario primero se realizará el cálculo y diseño de las instalaciones sanitarias de una vivienda unifamiliar de dos plantas tomando en cuenta los parámetros básicos de diseño según el Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias “RENISDA”. Del diseño de la vivienda unifamiliar se tomará en cuenta el diseño del baño para poder realizar nuestro modulo hidrosanitario a escala real.

Seguido por un diseño del módulo en el software de diseño “AutoCAD” para tener unos planos precisos y también un diseño en el software de diseño 3D “SketchUp” para una mejor apreciación de lo que se quiere realizar.

Terminado el diseño final, hacer un cómputo métrico y un presupuesto del módulo para desarrollar las instalaciones hidrosanitarias con componentes para realizar pruebas hidráulicas.

Luego se procederá con la compra de los materiales necesarios para la construcción del módulo y se procederá con la elaboración de un manual de prácticas de instalaciones hidrosanitarias y pruebas hidráulicas.

En el manual de prácticas estará enfocado en desarrollar temas que son de mucha importancia en las instalaciones domiciliarias de agua potable y evacuación de aguas residuales, por lo tanto, las practicas a realizarse son:

Práctica 1: Instalaciones domiciliarias de agua potable.

Práctica 2: Pruebas e inspecciones técnicas en instalaciones domiciliarias de agua potable.

Práctica 3: Instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales.

Práctica 4: Pruebas e inspección técnica en instalaciones domiciliarias de aguas residuales.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Ingeniería sanitaria.**

La Ingeniería Sanitaria es una rama dentro de la Ingeniería Civil que se encarga del saneamiento del ambiente intervenido por el hombre. Los procesos antrópicos generan al medio una serie de efectos no deseados, los cuales son afrontados desde la ingeniería sanitaria, para garantizar condiciones de higiene y salud, tanto de las comunidades como de su entorno. En ese sentido, el profesional utiliza una serie de conocimientos científicos, tecnológicos y técnicos, provenientes de varias disciplinas como la física, la química, la hidráulica, la biología y la termodinámica, entre otras.

En la actualidad, la ingeniería sanitaria abarca más áreas de trabajo que en sus comienzos: incluye también los sistemas de recolección, transporte, clasificación, recuperación, reciclado, tratamiento y disposición final de residuos sólidos urbanos y de otros tipos, y también requiere una comunión interdisciplinaria con la ingeniería ambiental (Marcos, 2019).

#### **2.2. Instalaciones hidrosanitarias.**

Las instalaciones hidrosanitarias son todo el conjunto de tuberías de agua fría, agua caliente, desagües, ventilaciones, cajas de registro, aparatos sanitarios, entre otros, que sirven para abastecernos de agua potable y eliminarla a través de los desagües.

En cualquier construcción nueva debemos saber si el terreno o lote que se va a construir cuenta con el servicio de agua potable, si no es así debes de solicitarla a la comisión de agua del municipio para que instalen el servicio.

La alimentación del agua potable a nuestra vivienda/construcción que se conforma del conjunto de tuberías y válvulas que van desde el medidor de agua hasta la llave general de agua (ARQZON, 2022).

En la actualidad podemos encontrar diferentes tipos de materiales para desarrollar un complejo sistema de instalaciones hidrosanitarias que sean capaces no solo de brindar



la comodidad para el desarrollo de las actividades cotidianas si no que en caso de alguna contingencia sus diferentes sistemas puedan ser eficientes para continuar brindando un servicio óptimo (Miranda, 2011).

### **2.3. Instalaciones domiciliarias de agua potable.**

Las instalaciones domiciliarias de agua potable es el conjunto de tuberías y accesorios que interconectados conforman la instalación domiciliaria, que está compuesta de dos partes:

- ❖ La primera al exterior del domicilio de la red principal hasta la caja del medidor.
- ❖ La segunda al interior del domicilio, del medidor a los artefactos del baño como al inodoro, lavamanos y ducha; en la cocina al lavaplatos; y en el patio al lavarropas (SENASBA, 2022).

#### **2.3.1. Sistemas domiciliarios de abastecimiento de agua.**

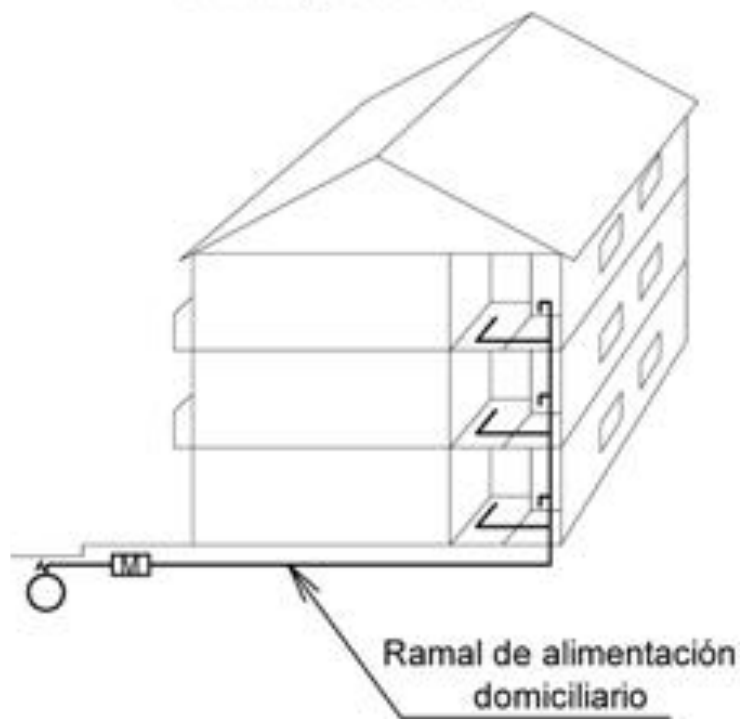
- 1) Toda instalación domiciliaria de agua potable comprende un sistema constituido por: la conexión domiciliaria o ramal externo, el ramal de alimentación domiciliar, el almacenamiento, si corresponde, y la red de distribución hacia los puntos de consumo o de utilización.
- 2) El sistema domiciliar de abastecimiento de agua potable podrá ser directo, indirecto o mixto. La selección de uno de estos sistemas deberá cumplir con las especificaciones del RENISDA.

##### **2.3.1.1. Sistema directo.**

El Sistema Directo de Abastecimiento de Agua es aquel en el cual los puntos o artefactos sanitarios de utilización son conectados a una red de distribución alimentada directamente por la red pública de Agua potable, (ver Fig. 2.1). Para la selección de este Sistema se deberá cumplir:

- 1) Presión de servicio y caudal suficientes en la red pública para satisfacer la demanda de los caudales máximos probables de los diferentes puntos de consumo.
- 2) Continuidad y confiabilidad del servicio, en condiciones de presión y cantidad.

- 3) Que las interrupciones eventuales y/o programadas de la red pública por parte del prestador del servicio de agua potable, cumplan o se encuentren en el rango admisible por la Autoridad de Regulación.
- 4) Contar con un dispositivo o válvula anti retorno, como medida de protección contra los riesgos de contaminación de la red pública.



**Figura 2.1. Sistema de abastecimiento domiciliario directo.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

#### **2.3.1.2. Sistema indirecto.**

- ❖ El Sistema Indirecto de Abastecimiento de Agua es aquel en el cual los puntos o artefactos sanitarios de utilización están abastecidos por una red de distribución alimentada por un sistema de almacenamiento de agua y/o sistemas hidroneumáticos.
- ❖ Los sistemas indirectos se aplican cuando la presión y/o caudal de servicio de la red pública no es suficiente para abastecer en forma directa a los diferentes

puntos de consumo de un inmueble o cuando el servicio es susceptible de ser discontinuo en condiciones de caudal y presión.

### 1) Sistema indirecto sin bombeo.

Este sistema consta de un tanque elevado que es abastecido directamente por la red pública de agua potable. En este sistema la red de distribución domiciliaria es alimentada por gravedad desde el tanque elevado. Se aplica cuando las condiciones de presión y/o caudal de la red pública pueden ser discontinuas e insuficientes para abastecer a los diferentes puntos de consumo del inmueble, (ver Fig. 2.2). Para la selección de este sistema se deberán cumplir los siguientes requisitos:

- ❖ Presión de servicio y caudal suficientes de la red pública, en forma continua por algunos días o por algunas horas, para satisfacer las condiciones hidráulicas de transporte del agua desde la red pública hasta un tanque elevado.
- ❖ Contar con un dispositivo o válvula anti retorno en el ramal de alimentación, como medida de protección contra los riesgos de contaminación de la red pública.



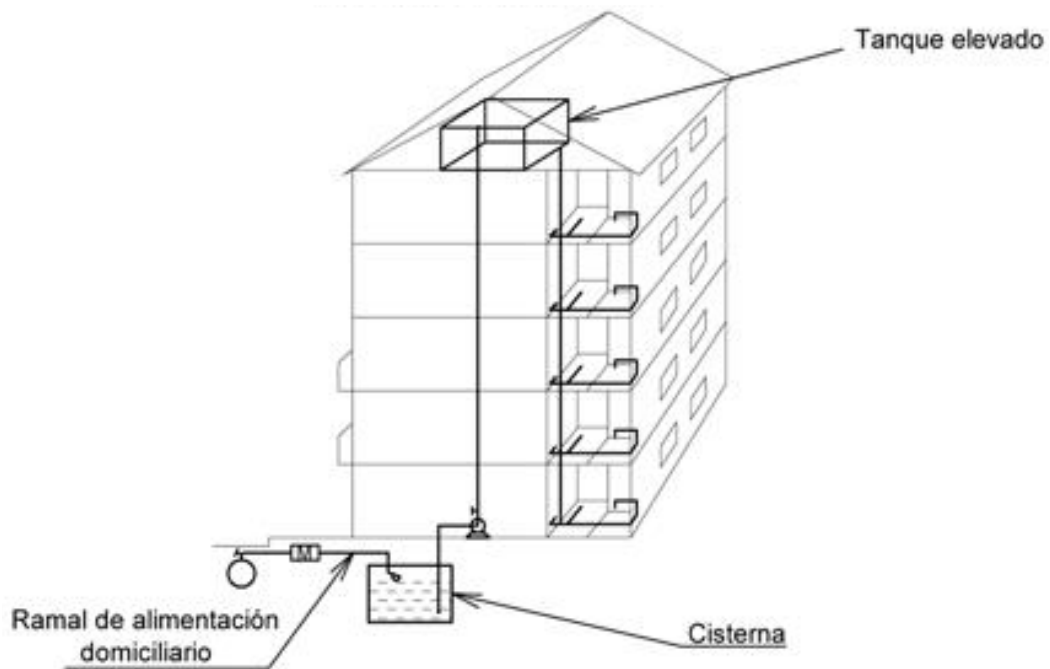
**Figura 2.2. Sistema de abastecimiento domiciliario indirecto sin bombeo.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

## 2) Sistema indirecto con bombeo.

El sistema comprende un tanque cisterna, equipos de bombeo y un tanque elevado, (ver Fig. 2.3). En este sistema la red de distribución domiciliaria es abastecida por gravedad desde el tanque elevado. Se aplica cuando las condiciones de presión y/o caudal de la red pública son insuficientes para alimentar a un tanque elevado en forma directa.

Para la selección de este sistema se deberá cumplir al menos con que la presión de servicio y el caudal de la red pública sean suficientes para satisfacer la demanda diaria requerida de almacenamiento del tanque cisterna.



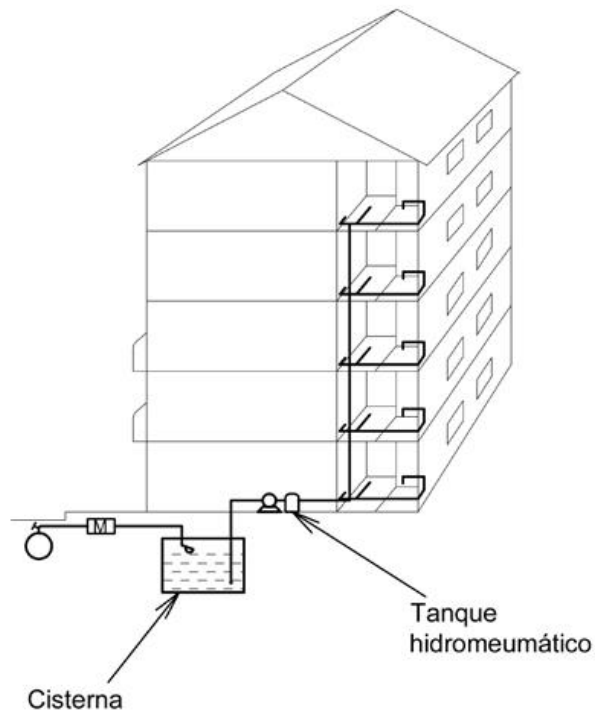
**Figura 2.3. Sistema de abastecimiento domiciliario indirecto con bombeo.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

## 3) Sistema indirecto hidroneumático.

Este sistema requiere de un tanque cisterna y un equipo hidroneumático, (ver Fig. 2.4). La red de distribución domiciliaria está presurizada a través de un sistema de tanques hidroneumáticos. Se aplica cuando las condiciones de presión y/o caudal de la red pública son insuficientes para abastecer a los puntos de consumo más alejados y elevados de la instalación domiciliaria.

Para la selección de este sistema se deberá cumplir al menos con que la presión de servicio y el caudal de la red pública sean suficientes para satisfacer la demanda diaria requerida del sistema de almacenamiento (tanque cisterna).



**Figura 2.4. Sistema hidroneumático.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

### **2.3.1.3. Sistema mixto.**

El sistema mixto es una combinación del sistema directo e indirecto, en el cuál algunos puntos de consumo son alimentados por un sistema de abastecimiento directo y otros por un sistema indirecto. El sistema de distribución puede ser alimentado directamente desde la red pública o por gravedad desde un tanque elevado.

Para la selección de este sistema se deberá tener en la red pública una presión y caudal suficientes para satisfacer la demanda diaria requerida por el sistema de almacenamiento y la demanda de los puntos de consumo considerados en el proyecto.

### **2.3.2. Sistema de distribución de agua fría.**

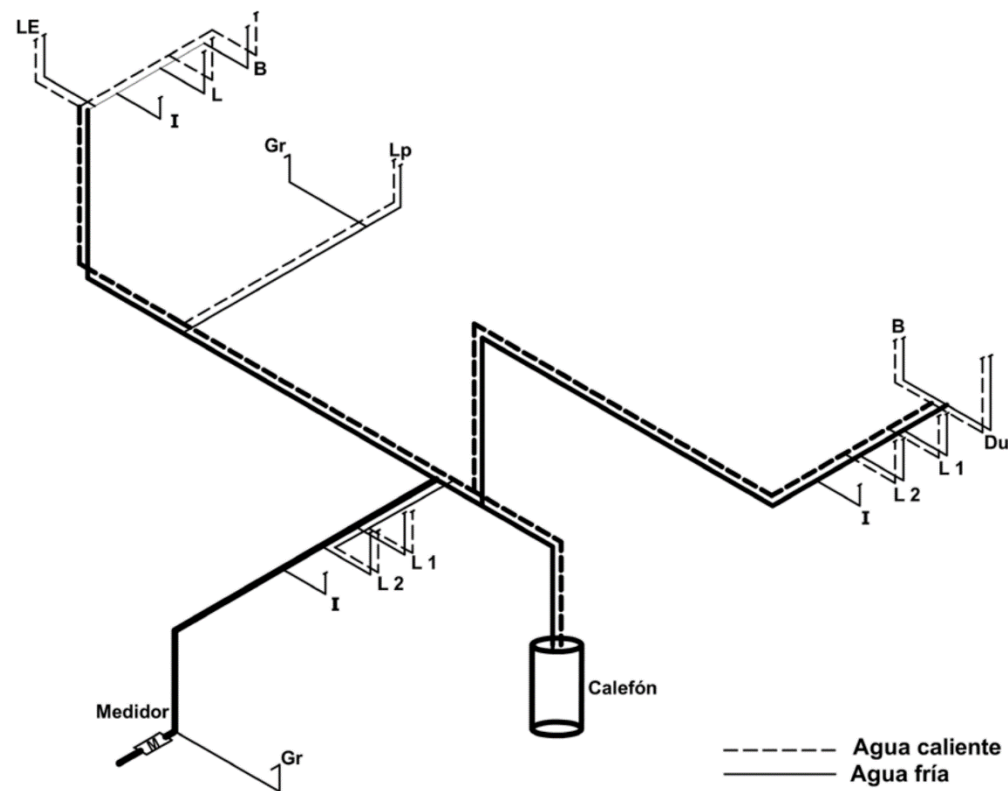
El sistema de distribución de agua potable fría comprende las redes de tuberías y elementos que conducen el agua potable desde un ramal de alimentación domiciliaria,

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.

De acuerdo al tipo de red de alimentación a los puntos de consumo, los sistemas de distribución podrán ser del tipo ramificado, con distribuidor múltiple o mixto, adecuado a las condiciones específicas del uso o tipo de inmueble.

### 2.3.2.1. Sistema ramificado.

Los sistemas de distribución de tipo ramificado, (ver Fig. 2.5) consisten en una sola red de tuberías interconectadas unas con otras, partiendo de un ramal principal.



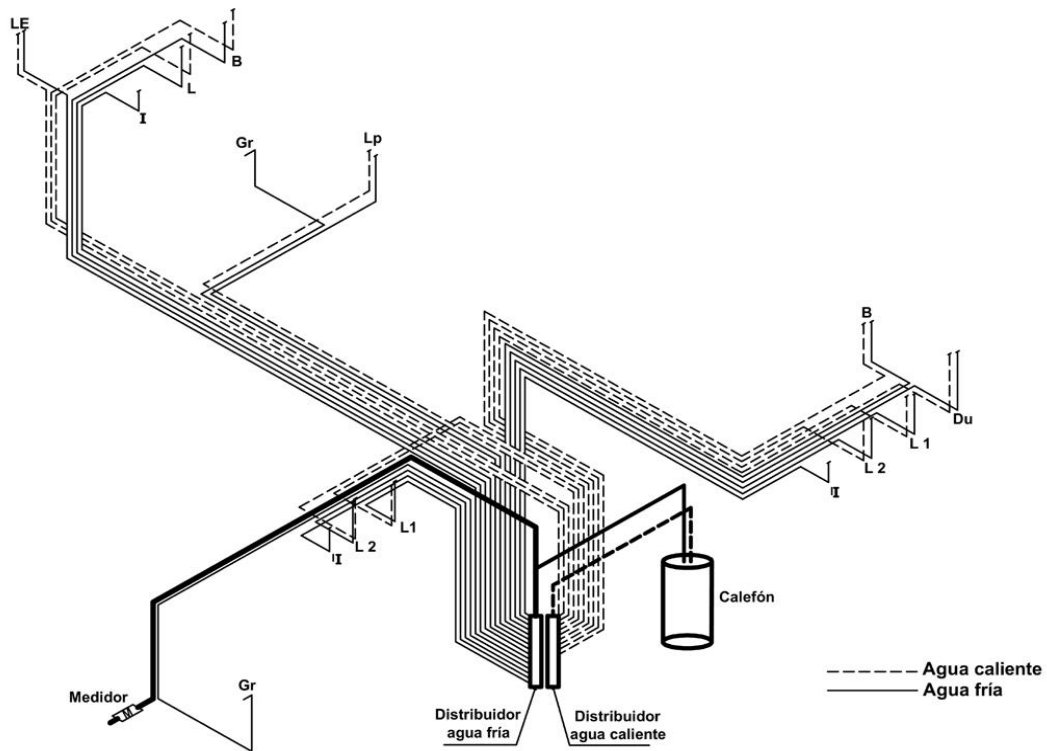
**Figura 2.5. Instalación agua potable Distribución ramificada. Vista isométrica.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

Este ramal principal puede estar conectado a una tubería de alimentación domiciliar o a un montante de agua. Del ramal principal se derivan los ramales secundarios que abastecen a un conjunto de puntos de consumo.

### 2.3.2.2. Sistema con distribuidor múltiple.

Consiste en una red de tuberías paralelas que nacen de un distribuidor múltiple (Manifold), que comprende una tubería principal y laterales, donde cada punto de consumo tiene una tubería de alimentación exclusiva, (ver Fig. 2.6).



**Figura 2.6. Instalación agua potable - Distribución múltiple (Manifold). Vista isométrica.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

En este sistema todos los puntos de consumo o utilización son abastecidos desde el distribuidor múltiple. Por la menor pérdida de carga que generan se emplean para mejorar las condiciones de presión y caudales de salida en los artefactos sanitarios, reduciendo los diámetros de las líneas de distribución y uniformando las presiones en condiciones de operación simultánea de los artefactos sanitarios. Se emplean también como reguladores de caudal y en instalaciones especiales donde se requiere minimizar los riesgos de interrupción del servicio (caudal, presión).

Para su funcionamiento estos sistemas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Contar con un distribuidor múltiple del que se deriven los ramales de distribución individuales para cada artefacto sanitario o punto de utilización. La distancia horizontal entre los ramales de distribución no deberá ser inferior a 0,20 m.
- 2) Contar con una caja de control para la instalación del distribuidor múltiple donde se conecten los arranques de los diferentes ramales de alimentación individual identificados para cada punto de consumo. Esta caja estará ubicada en un lugar accesible y a una altura no mayor de 1,60 m con relación al nivel del piso.
- 3) Contar con una válvula de control tipo esfera o bola en cada ramal de distribución que alimenta a un punto de consumo. Esta válvula deberá ser instalada en el distribuidor múltiple.

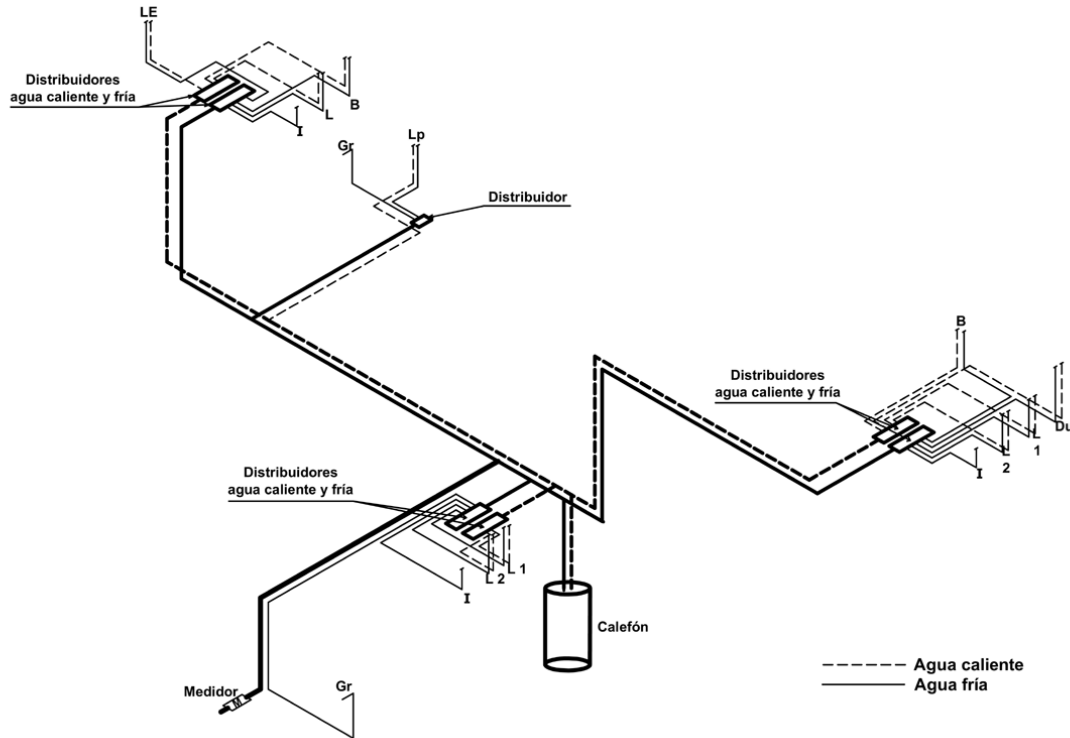
#### **2.3.2.3. Sistema mixto.**

Es un sistema en el cual los ramales principales son del tipo ramificado y se emplean distribuidores múltiples para un conjunto o grupo de puntos de utilización de artefactos sanitarios, (ver Fig. 2.7). Los distribuidores múltiples se ubican en baños, cocinas, lavandería y otros, donde son alimentados por un ramal secundario derivado de un ramal principal. Para su funcionamiento estos sistemas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Contar con uno o varios distribuidores múltiples, situados lo más próximo a un conjunto de artefactos o puntos de utilización. La distancia horizontal entre los ramales no deberá ser inferior a 0,20 m.
- 2) Contar con una caja de control donde será instalado el distribuidor múltiple y del cual se deriven los diferentes ramales de alimentación individual identificados para cada punto de consumo o artefacto sanitario. Esta caja estará ubicada en un lugar accesible y a una altura no mayor de 1,60 m con relación al nivel del piso.



- 3) Contar con una válvula de control tipo esfera o bola en cada ramal de distribución que alimenta a un punto de consumo o artefacto sanitario. Esta válvula deberá ser instalada en el distribuidor múltiple (MMAyA, 2011).



**Figura 2.7. Instalación agua potable - Distribución múltiple localizada Vista isométrica.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

### 2.3.3. Dotación de agua.

- 1) 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.

- 2) La tasa de ocupación en edificios de oficinas, comercio, etc. es determinada por la normativa de construcción y/o edificación vigente. La Tabla 2.1 detalla valores de referencia de los locales comerciales y de oficinas más corrientes.

**Tabla 2.1. Tasa de ocupación de edificios públicos y privados.**

<b>Local</b>	<b>Tasa de ocupación</b>
Bancos	1 persona /5,0 m <sup>2</sup>
Oficinas	1 persona / 6,0 m <sup>2</sup>
Locales comerciales. Planta Baja	1 persona /2,5 m <sup>2</sup>
Locales comerciales. Pisos superiores	1 persona / 5,0 m <sup>2</sup>
Museos y bibliotecas	1 persona / 5,5 m <sup>2</sup>
Shopping center	1 persona / 5,0 m <sup>2</sup>
Salas de hoteles	1 persona /5,5 m <sup>2</sup>
Restaurantes	1 persona / 1,50 m <sup>2</sup>
Supermercados	1 persona / 2,5 m <sup>2</sup>
Teatros, cines, auditorios	1 silla / 0,70 m <sup>2</sup>

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

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 domésticas de bebida, alimentación, lavado de ropa, lavado de utensilios, aseo (personal y vivienda). Esta dotación se determinará mediante:

- Análisis de consumos 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.
- En ningún caso la asignación de la dotación per cápita será superior a los máximos indicados en la Tabla 2.2, definidos para cada región o zona ecológica del país.

**Tabla 2.2. 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		100 - 120	100 - 150
Llanos	100 - 500	1167	27.5				

Ciudades Menores: 2 000 – 10 000 hab.  
Ciudades Metropolitanas: > 500 000 hab.

Ciudades Mayores: 100 000 – 500 000 hab.  
Ciudades Intermedias: 10 000 – 100 000 hab.

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

### 2.3.4. Tanques de almacenamiento

#### 2.3.4.1. Sistema indirecto sin bombeo.

- 1) 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.
- 2) 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 (L)

$C_D$ : Consumo diario (L)

$V_{CI}$ : Volumen contra incendios (L)

$V_{OU}$ : Volumen de otros usos (L); enfriamiento de aire acondicionado, etc.

- 3) 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 (L)

$C_D$ : Consumo diario (L)

$N_D$ : Número de días sin servicio público no mayor a dos días.

$V_{CI}$ : Volumen contra incendios (L)

$V_{OU}$ : Volumen de otros usos (L), enfriamiento de aire acondicionado etc.

- 4) 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.

#### **2.3.4.2. 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:

$$Q_D = \left( \frac{C_D}{86400} \right) * \left( \frac{24}{T} \right)$$

$$Q_D = \frac{C_D}{T * 3600}$$

Donde:

$Q_D$ : Caudal de diseño (L/s)

$C_D$ : Volumen de consumo diario (L)

$T$ : Tiempo de llenado del tanque en horas (h), no mayor a 6.

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  $0,6 \text{ m/s} \leq v \leq 1 \text{ m/s}$ .

### 2.3.5. Velocidades.

- 1) 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 2.3, para las condiciones de máxima demanda probable. La Tabla 2.3, 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 2.3. Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable.**

<b>Diámetro nominal DN</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Caudal máximo</b>
<b>mm</b>	<b>m/s</b>	<b>L/s</b>
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:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 2) 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.

### **2.3.6. Presiones.**

- 1) La presión mínima de servicio en la red pública de abastecimiento de agua potable deberá ser fijada por la Entidad Competente de acuerdo a las zonas de presión de la red.
- 2) 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.
- 3) Para el caso de inodoros de bajo consumo de agua, provistos de tanques de gravedad o cisternas, la presión estática será la recomendada 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.
- 4) 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.

### **2.3.7. Ramales individuales en artefactos sanitarios.**

La Tabla 2.4, da una referencia de caudales para el diseño de los ramales individuales de suministro de agua a los artefactos más corrientes.

La Tabla 2.5, 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 2.4 Estos diámetros deberán ser compatibilizados con las especificaciones técnicas de los proveedores.

### **2.3.8. 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 a la siguiente tabla:

**Tabla 2.4. Demanda máxima de consumo por artefacto sanitario.**

<b>Artefacto</b>	<b>L / min</b>
Lavamanos con medidor de caudal	0,95
Lavamanos con cierre automático	1,89
Bebedero (Chorro)	2,84
Lavamanos corriente	9,46
Tina de baño, 15 mm	18,93
Ducha, 15 mm	9,46
Lavandería, 15 mm	9,46
Máquina de lavar ropa ( 3,50 a 7 kg), lavadora	15,14
Inodoro c/tanque de gravedad	11,36
Inodoro c/válvula de descarga de 15 mm , 11 mca de presión (0,11 Mpa)	56,78
Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm , 11 mca de presión (0,11 MPa)	102,20
Inodoro c/válvula de descarga de 25 mm , 18 mca de presión (0,18 MPa)	132,48
Urinario corriente	5,68
Urinario con válvula de descarga	45,42
Lavaplatos o pileta de cocina 15 mm	17,03
Lavaplatos o pileta de cocina 20 mm	22,71
Máquina doméstica de lavar platos	15,14
Grifo de riego de 15 mm	18,93
Pileta de servicio de 20 mm	22,71

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

**Tabla 2.5. 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, doméstica	15	15
Lavaplatos automático, doméstico		15
Bebedero	15	
Grifo de riego	15	
Grifo de riego adicional, por cada unidad	15	
Lavaplatos o pileta de cocina, doméstico	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 > a 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:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.



### **2.3.8.1. Estimación de consumo máximo probable.**

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) Las Tablas 2.6 y 2.7, 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.

### **2.3.8.2. Asignación de unidades de gasto por artefacto sanitario (ug). Método de hunter.**

- 1) 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.
- 2) Los valores de UG asignados para diferentes tipos de artefactos e inmuebles se muestran en la Tabla 2.6. 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.
- 3) 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.

- 4) La Tabla 2.6 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.
- 5) Para inmuebles de usos diferentes a los considerados en la Tabla 2.6, el proyectista deberá aplicar su propio juicio y experiencia para la determinación de las unidades de gasto.

#### **2.3.8.3. Asignación de Unidades de Gasto para un conjunto de artefactos sanitarios. Método de Hunter**

- 1) La Tabla 2.7 muestra un listado de UG para grupos típicos de artefactos sanitarios en baños, cocinas y lavanderías. La tabla nos muestra una mayor variedad o combinación de artefactos agrupados en un conjunto.
- 2) El valor total de UG representa el factor de demanda de este grupo o conjunto de artefactos en la red de distribución de agua potable del edificio, las UG individuales para cada grupo de agua fría y caliente representa  $\frac{3}{4}$  del valor total de cada grupo. La Tabla está dividida en tres tipos o variedad de conjuntos dependiendo del uso de inodoros con válvula de descarga o con tanque de descarga o de gravedad.

#### **2.3.8.4. 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

la Tabla 2.8 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.

La Tabla 2.8 ha sido calculada tomando en cuenta las siguientes fórmulas (desarrolladas por los Ings. Alfonso Pomarino y Sergio Rodríguez), tomando en cuenta la experiencia desarrollada en Bolivia.

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga:

$$0,00 < UG < 100 \text{ QMP (L/s)} = 0,083373 + 0,022533 * UG - 8.31E-5 * UG^2$$

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

$$500 \leq UG \leq 1\ 000 \text{ QMP (L/S)} = 1,501666 + 0,005683 * UG$$

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

$$5,0 < UG < 100 \text{ QMP (L/s)} = 0,212260 + 0,026369 * UG - 1.04E-4 * UG^2$$

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

$$500 \leq UG \leq 1\ 000 \text{ QMP (L/S)} = 2,546667 + 0,004663 * UG$$

#### **2.3.8.5. Consumo máximo posible.**

El proyectista podrá calcular los caudales de diseño considerando el funcionamiento simultáneo del 100% de artefactos sanitarios, en situaciones debidamente justificadas como inmuebles que tengan un solo patrón de uso y consumo (cuarteles) y donde se observe la utilización de artefactos sanitarios como lavatorios y duchas en horarios rigurosos y similares.

**Tabla 2.6. Unidades de Gasto por artefactos sanitario. Método de Hunter.**

Artefacto Sanitario	Viviendas Unifamiliares o de dos Deptos.			Edificios Multifamiliares, con 3 o más Deptos.			Edificios públicos, comerciales.			Edificios de alta ocupación: Teatros, Stadiums, escuelas y similares		
	Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)			Unidades de Gasto (UG)		
	Total	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	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	4,0	3,0	3,0			
Bidet	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4						
Lavadora automática (doméstica)	4,0	3,0	3,0	2,5	1,9	1,9	4,0	3,0	3,0			
Máquina automática de lavar platos (doméstico)	1,5		1,5	1,0		1,0	1,5		1,5			
Bebedero							0,5	0,5		0,8	0,8	
Grifo de riego	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5				
Grifo de riego adicional, por c/ Unid. añadida	1,0	1,0		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	1,5	1,1	1,1			
Lavaplatos o pileta de cocina exclusivo**	3,0	2,0	2,0	3,0	2,0	2,0	4,0	3,0	3,0			
Lavandería o pileta de lavado	2,0	1,5	1,5	1,0	0,8	0,8	2,0	1,5	1,5			
Lavamanos o Lavatorio	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4	0,4	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	2,0	1,5	1,5	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		2,5	2,5		2,5	2,5		4,0	4,0	
Inodoro c/ tanque de hidropresión de 6 L	2,5	2,5		2,5	2,5		2,5	2,5		3,5	3,5	
Inodoro, c/válvula de descarga de 6 L	5,0	5,0		5,0	5,0		5,0	5,0		8,0	8,0	
Inodoro, c/ tanque de descarga de 13 L.	3,0	3,0		3,0	3,0		5,5	5,5		7,0	7,0	
Inodoro, c/válvula de descarga de 13 L	7,0	7,0		7,0	7,0		8,0	8,0		10,0	10,0	
Tina de hidromasaje	4,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3,0						

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

**Tabla 2.7. Unidades de Gasto para conjuntos de artefactos. Método de Hunter.**

Conjuntos de baño, inodoros con tanques de descarga de 6L	Total en viviendas individuales o de dos departamentos			Total en edificios multifamiliares mayores o iguales a 3 Deptos.		
	Total UG	Agua Fría UG	Agua Caliente UG	Total UG	Agua Fría UG	Agua Caliente UG
Medio baño o de visitas	3,5	3,3	0,8	2,5	2,5	0,4
1 Baño completo o conjunto de baño	5,0	5,0	3,8	3,5	3,5	3,0
1 1/2 Baño	6,0	6,0	4,5			
2 Baños completos	7,0	7,0	7,0			
2 1/2 Baños	8,0	8,0	8,0			
3 Baños completos	9,0	9,0	9,0			
1/2 Baño adicional	0,5	0,5	0,5			
Grupo adicional de 1 Baño completo	1,0	1,0	1,0			
Conjuntos de Baño, inodoros con tanques de descarga de 12 L	Total UG	Agua Fría UG	Agua Caliente UG	Total UG	Agua Fría UG	Agua Caliente UG
Medio baño o de visitas	4,0	3,8	0,8	3,0	3,0	0,4
1 Baño completo	6,0	6,0	3,8	5,0	5,0	3,0
1 1/2 Baño	8,0	8,0	4,5			
2 Baños completos	10,0	10,0	7,0			
2 1/2 Baño	11,0	11,0	8,0			
3 Baños completos	12,0	12,0	9,0			
1/2 Baño adicional	0,5	0,5	0,5			
Grupo adicional de baño	1,0	1,0	1,0			
Otros Conjuntos de baño	Total UG	Agua Fría UG	Agua Caliente UG	Total UG	Agua Fría UG	Agua Caliente UG
Baño completo, inodoros con válvula de descarga de 6L	6,0	6,0	3,8	4,0	4,0	3,0
Baño completo, inodoro con válvula de descarga de 12 L	8,0	8,0	3,8	6,0	6,0	3,0
Cocina completa ( Lavaplatos y máquina de lavar platos)	2,0	1,1	2,0	1,5	0,8	1,5
Lavandería completa ( lavandería y máquina de lavar ropa)	5,0	4,5	4,5	3,0	2,6	2,6

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

**Tabla 2.8. Caudales máximos probables. Método de Hunter.**

U.GASTO	TANQUE	VÁLVULA	U. GASTO	TANQUE	VÁLVULA	U. GASTO	TANQUE	VÁLVULA
1.00			51.00	1.02	1.79	110.00	1.61	2.43
2.00			52.00	1.03	1.81	120.00	1.68	2.50
3.00	0.15		53.00	1.04	1.82	130.00	1.75	2.58
4.00	0.17		54.00	1.06	1.84	140.00	1.82	2.66
5.00	0.19	0.85	55.00	1.07	1.85	150.00	1.89	2.73
6.00	0.22	0.87	56.00	1.08	1.87	160.00	1.96	2.80
7.00	0.24	0.90	57.00	1.10	1.88	170.00	2.03	2.88
8.00	0.26	0.92	58.00	1.11	1.90	180.00	2.10	2.95
9.00	0.28	0.95	59.00	1.12	1.91	190.00	2.17	3.02
10.00	0.30	0.97	60.00	1.14	1.93	200.00	2.24	3.09
11.00	0.32	1.00	61.00	1.15	1.94	210.00	2.31	3.16
12.00	0.34	1.02	62.00	1.16	1.95	220.00	2.39	3.23
13.00	0.36	1.04	63.00	1.17	1.97	230.00	2.46	3.30
14.00	0.38	1.07	64.00	1.18	1.98	240.00	2.53	3.37
15.00	0.40	1.09	65.00	1.20	1.99	250.00	2.60	3.43
16.00	0.42	1.11	66.00	1.21	2.01	260.00	2.67	3.50
17.00	0.44	1.14	67.00	1.22	2.02	270.00	2.73	3.56
18.00	0.46	1.16	68.00	1.23	2.03	280.00	2.80	3.63
19.00	0.48	1.18	69.00	1.24	2.04	290.00	2.87	3.69
20.00	0.50	1.20	70.00	1.25	2.06	300.00	2.94	3.75
21.00	0.52	1.23	71.00	1.26	2.07	310.00	3.01	3.81
22.00	0.54	1.25	72.00	1.27	2.08	320.00	3.08	3.88
23.00	0.56	1.27	73.00	1.28	2.09	330.00	3.15	3.93
24.00	0.58	1.29	74.00	1.29	2.10	340.00	3.22	3.99
25.00	0.59	1.31	75.00	1.30	2.11	350.00	3.29	4.05
26.00	0.61	1.33	76.00	1.31	2.12	360.00	3.36	4.11
27.00	0.63	1.35	77.00	1.32	2.13	370.00	3.43	4.17
28.00	0.65	1.37	78.00	1.33	2.14	380.00	3.49	4.22
29.00	0.67	1.40	79.00	1.34	2.15	390.00	3.56	4.28
30.00	0.68	1.42	80.00	1.35	2.16	400.00	3.63	4.33
31.00	0.70	1.44	81.00	1.36	2.17	410.00	3.70	4.38
32.00	0.72	1.46	82.00	1.37	2.18	420.00	3.77	4.44
33.00	0.74	1.48	83.00	1.38	2.19	430.00	3.83	4.49
34.00	0.75	1.49	84.00	1.39	2.20	440.00	3.90	4.54
35.00	0.77	1.51	85.00	1.40	2.21	450.00	3.97	4.59
36.00	0.79	1.53	86.00	1.40	2.22	460.00	4.04	4.64
37.00	0.80	1.55	87.00	1.41	2.23	470.00	4.11	4.69
38.00	0.82	1.57	88.00	1.42	2.24	480.00	4.17	4.74
39.00	0.84	1.59	89.00	1.43	2.24	490.00	4.24	4.78
40.00	0.85	1.61	90.00	1.44	2.25	500.00	4.31	4.88
41.00	0.87	1.62	91.00	1.44	2.26	510.00	4.40	4.92
42.00	0.88	1.64	92.00	1.45	2.27	520.00	4.46	4.97
43.00	0.90	1.66	93.00	1.46	2.27	530.00	4.51	5.02
44.00	0.91	1.68	94.00	1.46	2.28	540.00	4.57	5.06
45.00	0.93	1.69	95.00	1.47	2.29	550.00	4.63	5.11
46.00	0.94	1.71	96.00	1.48	2.29	560.00	4.68	5.16
47.00	0.96	1.73	97.00	1.48	2.30	570.00	4.74	5.20
48.00	0.97	1.74	98.00	1.49	2.31	580.00	4.80	5.25
49.00	0.99	1.76	99.00	1.50	2.31	590.00	4.85	5.30
50.00	1.00	1.78	100.00	1.54	2.35	600.00	4.91	5.34

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

### 2.3.8.6. Pérdidas de carga en tuberías (hf)

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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 del fluido). El proyectista podrá aplicar otras fórmulas, basadas en la experiencia y las buenas prácticas de la Ingeniería.

Darcy - Weisbach

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

Colebrook - White

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left( \frac{k}{3.7 d} + \frac{2.51 \nu}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Derivada de las ecuaciones anteriores:

$$V = -2 \sqrt{2g d S_f} \log \left( \frac{k}{3.7 d} + \frac{2.51 \nu}{d \sqrt{2g d S_f}} \right)$$

Donde:

hf: Pérdida de carga (m)

f: Coeficiente o factor de fricción de Darcy

L: Longitud de tubería en (m)

V: Velocidad media del fluido (m/s)

d: Diámetro interno de la tubería (m)

g: Coeficiente gravitacional, 9.81 (m/s<sup>2</sup>)

Re: Número de Reynolds, adimensional

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

$\nu$ : Viscosidad cinemática del agua (m<sup>2</sup>/s)

k: Coeficiente de rugosidad de la tubería (m)

S<sub>f</sub>: Gradiente hidráulico, (m/m)

$$S_f = \frac{h_f}{L}$$

- 4) Para la determinación del coeficiente de rugosidad (k) de las tuberías se podrán utilizar los valores indicados en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9. Coeficiente 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:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 5) Para la determinación de la viscosidad cinemática del agua, que es función de la temperatura del agua, se podrá emplear la Tabla 2.10. Para el diseño de redes de agua caliente se tomarán los valores correspondientes a 60°C - 70°C.



**Tabla 2.10. Valores de la viscosidad cinemática del agua.**

Temperatura	Viscosidad Cinemática
°C	$\nu \times 10^6 \text{ (m}^2/\text{s)}$
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	0,390
80	0,367
85	0,347
90	0,328
95	0,311
100	0,296

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

#### **2.3.8.7. Pérdidas de carga localizada (h<sub>L</sub>)**

Las pérdidas de carga localizadas corresponden a las producidas por hidrómetros, reguladores de caudal, 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 2.11 y 2.12, 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 2.11. Pérdidas de carga localizadas en tuberías de fierro galvanizado.**

DIAMETRO NOMINAL mm	CODO 90°	CODO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TE DIRECTA	TE 90° SALIDA LATERAL	TE 90° SALIDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	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 PESADO			
DN																
15	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	1,0	1,0	0,2	0,4	0,4	3,6	1,1	1,6	4,9	0,1	2,6
20	0,7	0,3	0,3	0,2	0,4	1,4	1,4	0,2	0,5	0,5	5,6	1,6	2,4	6,7	0,1	3,6
25	0,8	0,4	0,3	0,2	0,5	1,7	1,7	0,3	0,7	0,7	7,3	2,1	3,2	8,2	0,2	4,6
40	1,3	0,6	0,5	0,3	0,9	2,8	2,8	0,5	1,0	1,0	11,8	3,2	4,8	13,4	0,3	6,7
50	1,7	0,8	0,6	0,4	1,1	3,5	3,5	0,7	1,5	1,5	14,0	4,2	6,4	17,4	0,4	8,5
60	2,0	0,9	0,8	0,5	1,3	4,3	4,3	0,9	1,9	1,9	17,0	5,2	8,1	21,0	0,4	10,0
75	2,5	1,2	1,0	0,6	1,6	5,2	5,2	1,1	2,2	2,2	20,0	6,3	9,7	26,0	0,5	13,0
100	3,4	1,5	1,3	0,7	2,1	6,7	6,7	1,6	3,2	3,2	23,0	8,4	12,9	34,0	1,7	17,0
150	4,9	2,3	1,9	1,1	3,4	10,0	10,0	2,5	5,0	5,0	39,0	12,5	19,3	51,0	1,1	26,0

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

**Tabla 2.12. Pérdidas de carga localizadas - su equivalencia en metros de tuberías en PVC rígido o cobre.**

DIAMETRO NOMINAL mm	CODO 90°	CODO 45°	CURVA 90°	CURVA 45°	TE DIRECTA	TE 90° SALIDA LATERAL	TE 90° SALIDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	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 PESADO			
DN																
15	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
20	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
100	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1
150	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,8	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

Fuente: Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

### 2.3.8.8. Pérdidas de carga en hidrómetros

- 1) Para su determinación, el proyectista tomará en cuenta el caudal máximo probable del inmueble. Las características del medidor se podrán recabar de la Entidad Competente o seguir las especificaciones del proveedor.
- 2) En cualquier caso, el proyectista deberá justificar técnicamente la selección del medidor y las pérdidas asumidas. Este valor se fundamentará con tablas provistas por los fabricantes / proveedores o información proporcionada por la Entidad Competente.

### 2.3.9. Instalaciones domiciliarias de agua caliente.

#### 2.3.9.1. Consumos de agua caliente.

Para la determinación del consumo diario de agua caliente podrán adoptarse los valores de la Tabla 2.13.

**Tabla 2.13. Estimación de consumos de agua caliente por regiones.**

<b>Región</b>	<b>Consumo de agua caliente</b>
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:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

#### 2.3.9.2. Sistema de distribución de agua caliente.

- 1) Se podrán aplicar los criterios de sistemas de distribución indicados para agua fría.
- 2) En los sistemas de distribución de agua caliente, las tuberías deben tener el desarrollo más corto posible, evitándose en lo posible los puntos altos y bajos.
- 3) La Tabla 2.5, fija los diámetros mínimos de los ramales de abastecimiento a los artefactos más corrientes.
- 4) Para la estimación del consumo máximo probable, se aplicará el Método Estándar empleando la Tablas 2.6 y 2.7, utilizando las unidades de gasto para artefactos que consumen agua caliente.

- 5) Para la determinación de las pérdidas de carga se aplicará el procedimiento establecido al igual que para el agua fría, para las condiciones de flujo del agua con una temperatura media de 60° C.

#### **2.3.9.3. Producción de agua caliente.**

- 1) La producción de agua caliente podrá realizarse mediante fuentes de calentamiento eléctrico, a gas o energía solar. Se emplean en viviendas residenciales o edificios de departamentos para suministrar agua caliente a uno o varios artefactos.
- 2) Las instalaciones de agua caliente en los edificios deberán satisfacer las necesidades del consumo y ofrecer seguridad contra accidentes.
- 3) Los equipos para la producción de agua caliente, deberán ser construidos con materiales resistentes a la temperatura, a la acción de la corrosión y a las presiones máximas.
- 4) Todo equipo de producción de agua caliente, deberá tener dispositivos de control de temperatura que corten automáticamente el suministro de energía. Estos dispositivos deberán instalarse de modo que el agua en el sistema no sobrepase las temperaturas de 60° C para consumo domiciliario y de 70° C para restaurantes, hostales, hospitales, clínicas y similares.
- 5) Para el control de sobrepresiones, se deberán instalar dispositivos auto- máticos de control en los sistemas de producción de agua caliente. Dichos dispositivos se regularán de modo que puedan operar a una presión 20% mayor que la requerida para el normal funcionamiento.

#### **2.3.9.4. Volumen de calentadores de acumulación.**

- 1) Para el cálculo de la capacidad del equipo de producción de agua caliente, así como para el cálculo de la capacidad del tanque de almacenamiento, se podrán utilizar las relaciones que se indican en la Tabla 2.14, con base al consumo diario de agua caliente.

- 2) El tanque de presión de agua caliente, será de metal inoxidable, de forma cilíndrica, ubicado en posición horizontal o vertical y deberá contar con una válvula de seguridad, ventosa y válvula de descarga de fondo.
- 3) Los tanques de almacenamiento de agua caliente, en lo posible, deberán ser instalados en sitios de fácil acceso para inspección y reparación.

**Tabla 0.14. Capacidad de tanques de almacenamiento de agua caliente.**

Tipo de edificio	Capacidad del tanque de almacenamiento	Capacidad horaria de producción de agua caliente
Residencias unifamiliares y multifamiliares	$\frac{1}{5} C_{DC}$	$\frac{1}{7} C_{DC}$
Hoteles y similares	$\frac{1}{7} C_{DC}$	$\frac{1}{10} C_{DC}$
Restaurantes	$\frac{1}{5} C_{DC}$	$\frac{1}{10} C_{DC}$
Locales deportivos	$\frac{2}{5} C_{DC}$	$\frac{1}{7} C_{DC}$
Hospitales, clínicas y similares	$\frac{2}{5} C_{DC}$	$\frac{1}{6} C_{DC}$

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

### **2.3.10. Pruebas e inspecciones técnicas en instalaciones domiciliarias de agua potable.**

- 1) Toda instalación domiciliaria de agua potable deberá ser sometida a pruebas hidráulicas e inspecciones técnicas antes de su puesta en servicio.
- 2) Las redes domiciliarias de agua potable, ramales de alimentación, tuberías de impulsión, tuberías de distribución y reservorios o tanques de almacenamiento, deberán ser objeto de pruebas hidráulicas antes de su puesta en servicio.
- 3) El Ing. Proyectista / Ing. Supervisor de Obras e instalador plomero serán responsables de la realización de las pruebas hidráulicas.
- 4) Las inspecciones técnicas y la aprobación de las pruebas hidráulicas serán de responsabilidad del Ing. Proyectista y/o Ing. Supervisor de Obras.

### **2.3.10.1. Inspecciones técnicas.**

Después de concluida la instalación de todo el sistema de agua potable, y antes de la realización de las pruebas hidráulicas, el Ing. Supervisor de Obras deberá realizar una inspección técnica para verificar, entre otros:

- 1) Que el sistema de abastecimiento, montantes o columnas de agua, redes de distribución, tanques de almacenamiento, distribuidores múltiples, etc. han sido contruidos de acuerdo con los planos, las especificaciones técnicas constructivas y lo establecido por el RENISDA.
- 2) Que los montantes / columnas de agua y tuberías horizontales y verticales se encuentren suficientemente fijas o empotradas en muros, paredes y elementos constructivos permitidos, de modo que se garantice su estabilidad estructural.
- 3) Que las tuberías, materiales, accesorios, equipos de bombeo, válvulas y accesorios, cumplan con lo especificado en los planos, la normativa técnica del IBNORCA y el RENISDA.
- 4) El estado, tipo y calidad de los artefactos sanitarios de bajo consumo (inodoros, urinarios, duchas, grifos, etc.) de acuerdo a lo especificado por IBNORCA y el RENISDA.
- 5) El cumplimiento de las especificaciones técnicas de los proveedores/fabricantes para el correcto funcionamiento de los artefactos.
- 6) La ausencia de conexiones cruzadas y/o instalación de válvulas anti reflujo de aguas, si corresponde.

### **2.3.10.2. Prueba de presión hidráulica.**

Es obligatoria la realización de una prueba hidráulica independiente para cada sistema de suministro de agua fría y de agua caliente. Para la realización de las pruebas se deberá proceder de la siguiente manera:

- 1) Emplear una bomba manual provista de manómetro, que se instalará en el extremo inferior del tramo o ramal a ensayar.

- 2) Llenar los conductos con agua limpia, taponando previamente todos los puntos de consumo y asegurando la evacuación del aire por el punto más alto del tramo a ensayarse.
- 3) Mantener las presiones constantes durante un periodo de tiempo especificado en la Tabla 2.15. Si la prueba hidráulica no es satisfactoria se procederá a corregir las fallas, identificando las fugas o filtraciones detectadas y se volverá a realizar la prueba hasta que la misma sea satisfactoria.

**Tabla 2.15. Parámetros de la prueba hidráulica en instalaciones domiciliarias de agua potable.**

Tipo de sistema de abastecimiento	Presión de prueba durante los primeros 10 minutos en MPa	Presión de prueba durante los siguientes 20 minutos en MPa
Indirecto con bombeo	1,17	1,00
Directo sin bombeo	0,80	0,60

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

#### **2.4. Instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales.**

Es el conjunto de tubería y accesorios, que interconectados conforman la instalación domiciliaria, que está compuesta de dos partes:

- ❖ La primera al exterior del domicilio de la red principal (colector) hasta la cámara de inspección.
- ❖ La segunda parte de la cámara de inspección a los artefactos sanitarios del baño como al inodoro, lavamanos y ducha; en la cocina al lavaplatos y al sumidero y en el patio al lavarropas y al sumidero (SENASBA, 2022).

La evacuación de aguas se realiza por medio de un conjunto de tuberías que deberán llenar las condiciones siguientes:

- 1) Evacuar rápidamente las aguas, alejándola de los aparatos sanitarios.
- 2) Impedir el paso del aire, olores y organismos patógenos de las tuberías al interior de los edificios o viviendas.
- 3) Las tuberías deben ser de materiales durables e instaladas de manera que no se provoquen alteraciones con los movimientos de los edificios.

- 4) Los materiales de las tuberías deben resistir la acción corrosiva de las aguas que transportan (SOZA, 2007).

#### **2.4.1. Partes y dimensionamiento de una instalación de evacuación de aguas de aguas residuales.**

Una red de instalación de evacuación de aguas residuales consta de varias partes, todas en su conjunto se convierten en una red de evacuaciones de aguas residuales.

##### **2.4.1.1. Ramales de descarga y ramales sanitarios.**

- 1) Los ramales de descarga (ver fig. 2.8) de cada artefacto sanitario se determinarán con base al número de Unidades de Descarga Hidráulica (UD) correspondientes a cada artefacto. La Tabla 2.16 presenta los diámetros nominales de los ramales de descarga asociados a los diferentes artefactos sanitarios en función a las UD.
- 2) Todo ramal de descarga correspondiente a lavamanos, duchas, tinas, bidets, lavanderías, máquinas de lavar ropa, rejillas de piso, y similares, debe descargar individualmente a una caja interceptora. Se exceptúan:
  - ❖ Los conjuntos de lavamanos/lavatorios instalados formando una batería de artefactos sanitarios colectivos, siempre que el ramal colectivo, que reúne los ramales de descarga de cada artefacto sanitario, cuente con un dispositivo de limpieza e inspección. El ramal colectivo deberá descargar siempre a una caja interceptora.
  - ❖ Los lavamanos/lavatorios, de dos piletas.
  - ❖ Los lavaplatos/piletas de cocina, simples y/o dobles (de dos piletas) cuyos efluentes deberán descargar en un desgrasador.



**Tabla 2.16. 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 pública - 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**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 3) El número de Unidades de Descarga Hidráulica correspondiente a artefactos sanitarios no contemplados en la Tabla 2.16, se estimarán en función al diámetro de la tubería de descarga de acuerdo a la Tabla 2.17.

**Tabla 2.17. Unidades de Descarga Hidráulica para artefactos sanitarios no contemplados en la Tabla 2.16.**

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

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

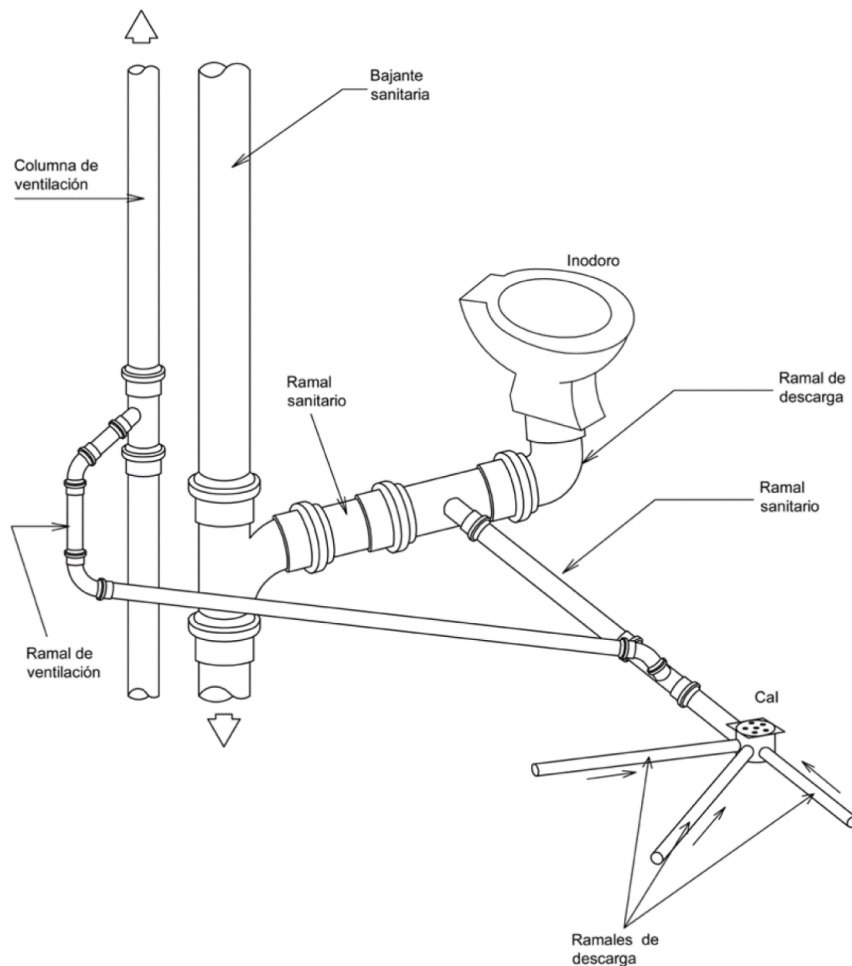
- 4) Toda caja interceptora deberá conectarse al ramal de descarga del inodoro o a una bajante sanitaria a través de un ramal sanitario ventilado (ver Fig. 2.8).
- 5) El diámetro mínimo de un ramal de descarga no deberá ser inferior a DN 40.
- 6) Para el dimensionamiento de los ramales sanitarios debe ser utilizada la Tabla 2.18.

**Tabla 2.18. Dimensionamiento de ramales sanitarios.**

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

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 7) 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%.
- 8) 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%.
- 9) 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.



**Figura 2.8. Esquema de instalación de desagüe sanitario típico.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 10) Los cambios de dirección horizontales deberán ser realizados con piezas con ángulo central de curvatura igual o inferior a  $45^\circ$ .
- 11) Los efluentes de los ramales de descarga de urinarios, con sifón incluido, podrán recolectarse individualmente o colectivamente, según corresponda, a un ramal de descarga de un inodoro, a un ramal sanitario, o a una bajante sanitaria de aguas negras.
- 12) Ningún artefacto sanitario puede descargar su respectivo efluente en tuberías con diámetro nominal menor a DN 40.

- 13) 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.

#### 2.4.1.2. Bajantes sanitarias.

Las bajantes sanitarias son instaladas en forma vertical (ver Fig. 2.8). Estas tuberías están colocadas en la pared y tienen como función recibir las descargas de los ramales sanitarios de la parte superior de la vivienda o de los diferentes aparatos sanitarios.

- 1) 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. Las bajantes sanitarias podrán ser dimensionadas por la sumatoria de las UD que recolectan por piso, conforme los valores indicados en la Tabla 2.19.

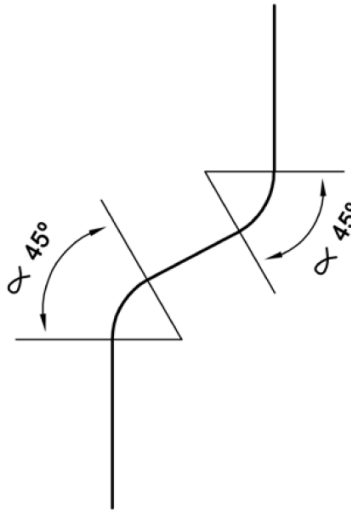
**Tabla 2.19. Dimensionamiento de bajantes sanitarias.**

Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	No. máximo de Unidades de Descarga Hidráulica UD	
	Edificios hasta 3 pisos	Edificios con más de tres pisos
40	4	8
50	10	24
75	30	70
100	240	500
150	960	1 900
200	2 200	3 600
250	3 800	5 600
300	6 000	8 400

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 2) La Tabla 2.19. 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.
- 3) Toda bajante sanitaria debe ser prolongada, manteniendo el mismo diámetro, por encima de la cobertura, techo o terraza.
  - 4) 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  $90^\circ$ , de preferencia con curvas de radio largo o dos curvas de  $45^\circ$  (ver figura 2.9).



**Figura 2.9. Desvío de bajante sanitaria en el plano vertical.**

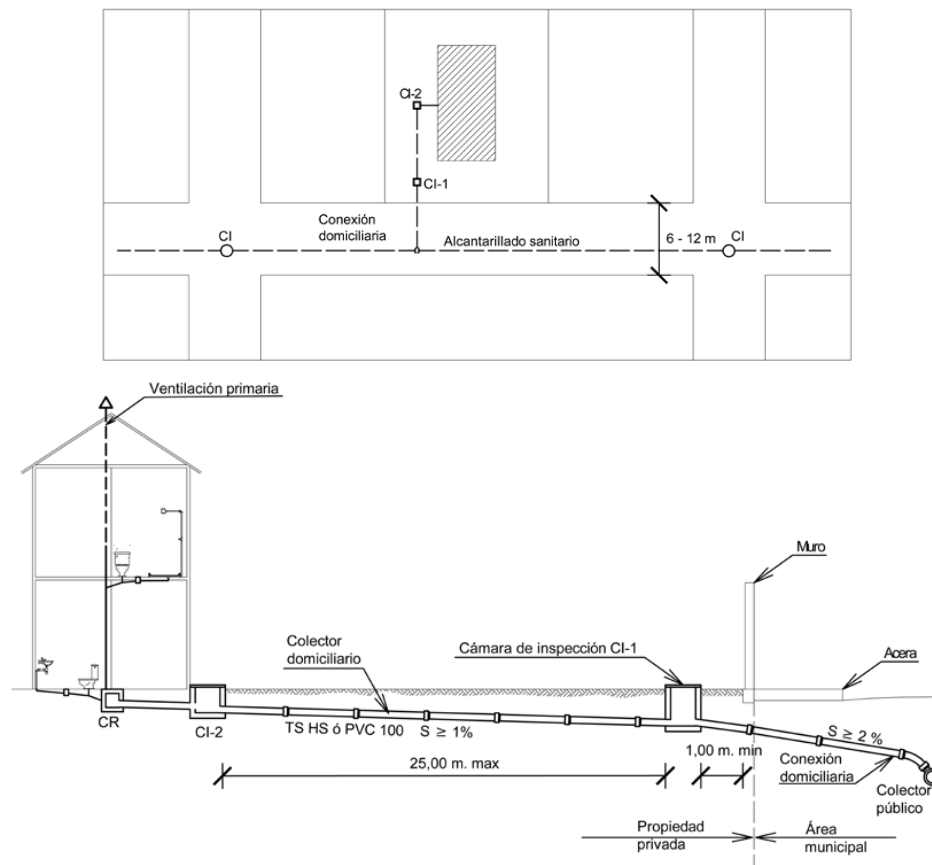
**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 5) Se prohíbe el uso de una misma bajante de aguas residuales para conducir los efluentes domiciliarios de dos o más inmuebles distintos.
- 6) Los ramales de descarga de lavamanos, ducha, tina, lavanderías y máquinas lavadoras, podrán descargar a una bajante exclusiva de aguas grises, a través de un ramal sanitario ligado a una caja interceptora, a nivel del piso o al pie de la bajante.
- 7) 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%.

### 2.4.1.3. Colectores sanitarios.

Es la tubería colocada por debajo del piso de la vivienda. Tiene como función recibir y conducir los desagües de todos los ambientes hacia la primera caja de registro y, de allí, al desagüe público. También se le llama tubo principal, porque recorre en línea recta toda la vivienda.

- 1) Los colectores sanitarios deben ser diseñados con preferencia siguiendo un trazo rectilíneo, con dispositivos de inspección que permitan la limpieza y desobstrucción de las tuberías.
- 2) Las conexiones domiciliarias y colectores de alcantarillado sanitario domiciliarios se podrán dimensionar empleando la Tabla 2.20., en función al número de Unidades de Descarga Hidráulica (ver figura 2.10).



**Figura 2.10. Detalle conexión domiciliaria.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

**Tabla 2.20. Dimensionamiento de colectores de alcantarillado sanitario.**

Diámetro nominal de la tubería (mm) DN	No. máximo de Unidades de Descarga Hidráulica			
	Pendientes mínimas %			
	0,5	1	2	4
100		180	216	250
150		700	840	1 000
200	1 400	1 600	1 920	2 300
250	2 500	2 900	3 500	4 200
300	3 900	4 600	5 600	6 700
400	7 000	8 300	10 000	12 000

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 3) 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.
- 4) El diámetro nominal mínimo de una conexión domiciliaria de alcantarillado sanitario no deberá ser inferior a DN 100.
- 5) Los colectores domiciliarios de aguas residuales deberán ser instalados manteniendo una pendiente uniforme y respetando los valores mínimos de pendiente previstos en la Tabla 2.20.
- 6) La interconexión de ramales de descarga, ramales de desagüe y colectores deberá ser hecha a través de una cámara de inspección.

#### **2.4.1.4. Cajas interceptoras.**

- 1) Todo artefacto sanitario debe estar protegido contra la acción de gases emanados de los conductos de aguas residuales, mediante el empleo de cajas interceptoras o sifones individuales. Estos gases, producto de la descomposición de la materia orgánica, contenida en las aguas residuales deberán ser evacuados a través del sistema de ventilación.

- 2) Para la recolección de aguas grises provenientes de un conjunto de aparatos sanitarios tales como lavatorios, bidés, tinas de baño y duchas de una misma unidad autónoma, así como las aguas provenientes de las rejillas de piso, se deberán emplear cajas interceptoras.
- 3) El efluente de una caja interceptora sifonada se evacuará a través de un ramal sanitario que descargue al ramal de descarga de un inodoro o directamente a una bajante sanitaria.
- 4) Toda pileta de cocina o lavaplatos podrá estar dotada o no de un sifón individual.
- 5) Todo lavamanos podrá estar o no provisto de un sifón individual.
- 6) Todo sifón o caja interceptora debe satisfacer, respectivamente, las siguientes condiciones:
  - ❖ Sello hidráulico con una altura mínima de 50 mm.
  - ❖ Presentar un orificio de salida con un diámetro igual o mayor al del ramal de descarga conectado a él.
- 7) Para evacuar los efluentes de lavamanos/lavatorios, bidet, tinas de baño, duchas, lavanderías, aguas de lavado de pisos y similares, pueden instalarse cajas interceptoras con rejilla.

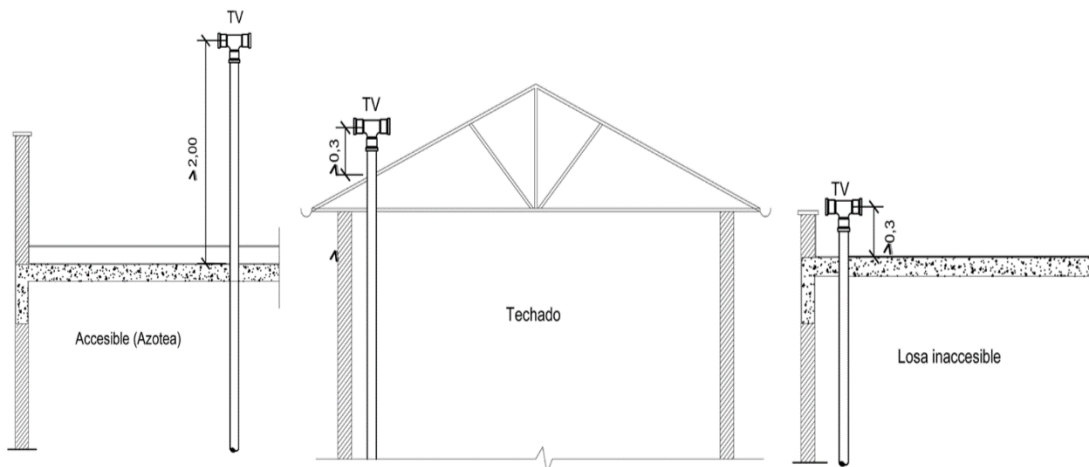
#### **2.4.1.5. Ventilación.**

- 1) Toda instalación sanitaria de recolección y evacuación de aguas residuales debe ser provista de un sistema de ventilación consistente en:
  - ❖ Ventilación primaria.
  - ❖ Ventilación secundaria
- 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.
- 4) 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. 2.11).



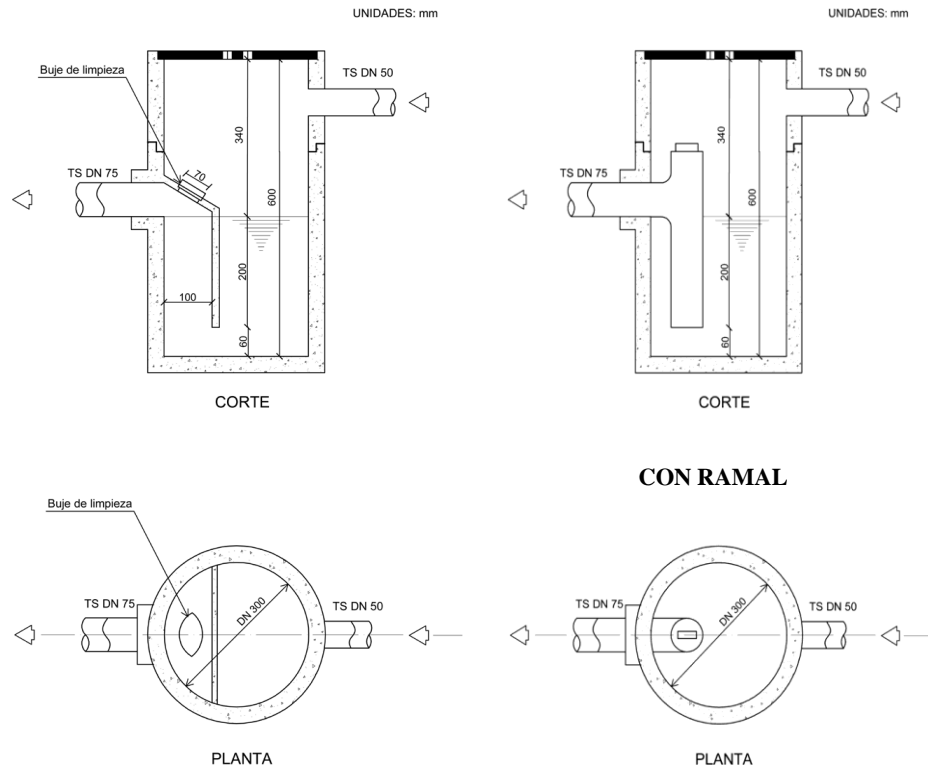
**Figura 2.11. Extremidad superior de ventilación primaria.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

#### **2.4.1.6. Desgrasadores.**

- 1) Todo lavaplatos o piletta de cocina de tipo residencial, comercial y/o industrial deberá contar obligatoriamente con un desgrasador de acuerdo a las prescripciones del presente Reglamento (ver Fig. 2.12).

2) Los desgrasadores deben ser instalados en locales de fácil acceso y de buenas condiciones de ventilación.



**Figura 2.12. Desgrasador pequeño. Capacidad 18 litros.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

3) Todo desgrasador domiciliario debe ser diseñado de una manera que se posibilite la retención y posterior remoción de grasas y aceites, debiendo cumplir con las siguientes características:

- ❖ Capacidad de acumulación de grasas y aceites entre cada operación de limpieza.
- ❖ Dispositivos de entrada y salida convenientemente proyectados para posibilitar que el afluente y efluente escurran normalmente.
- ❖ La diferencia de alturas entre el ingreso y la salida debe ser la suficiente para retener los aceites y grasas removidos, evitando el arrastre junto con el efluente.

- ❖ Evitar la descarga de residuos de cocina y aguas residuales producto de la limpieza de pisos y/o aguas pluviales.
  - ❖ Los efluentes de desgrasadores en edificios multifamiliares deberán des- cargar preferentemente en bajantes sanitarias exclusivas.
- 4) Todo desgrasador debe poseer cubiertas o tapas herméticas, removibles, para su limpieza y disposición sanitaria de los residuos.
- 5) Los desgrasadores pueden ser de los siguientes tipos:

Pequeños, de forma cilíndrica con las siguientes dimensiones:

- ❖ Diámetro interno 300 mm.
- ❖ Sello hidráulico igual a 200 mm
- ❖ Capacidad de retención de 18 L.
- ❖ Diámetro nominal de la tubería de ingreso DN 50 mm
- ❖ Diámetro nominal de la tubería de salida DN 75 mm

Simple, cilíndricos con las siguientes dimensiones mínimas:

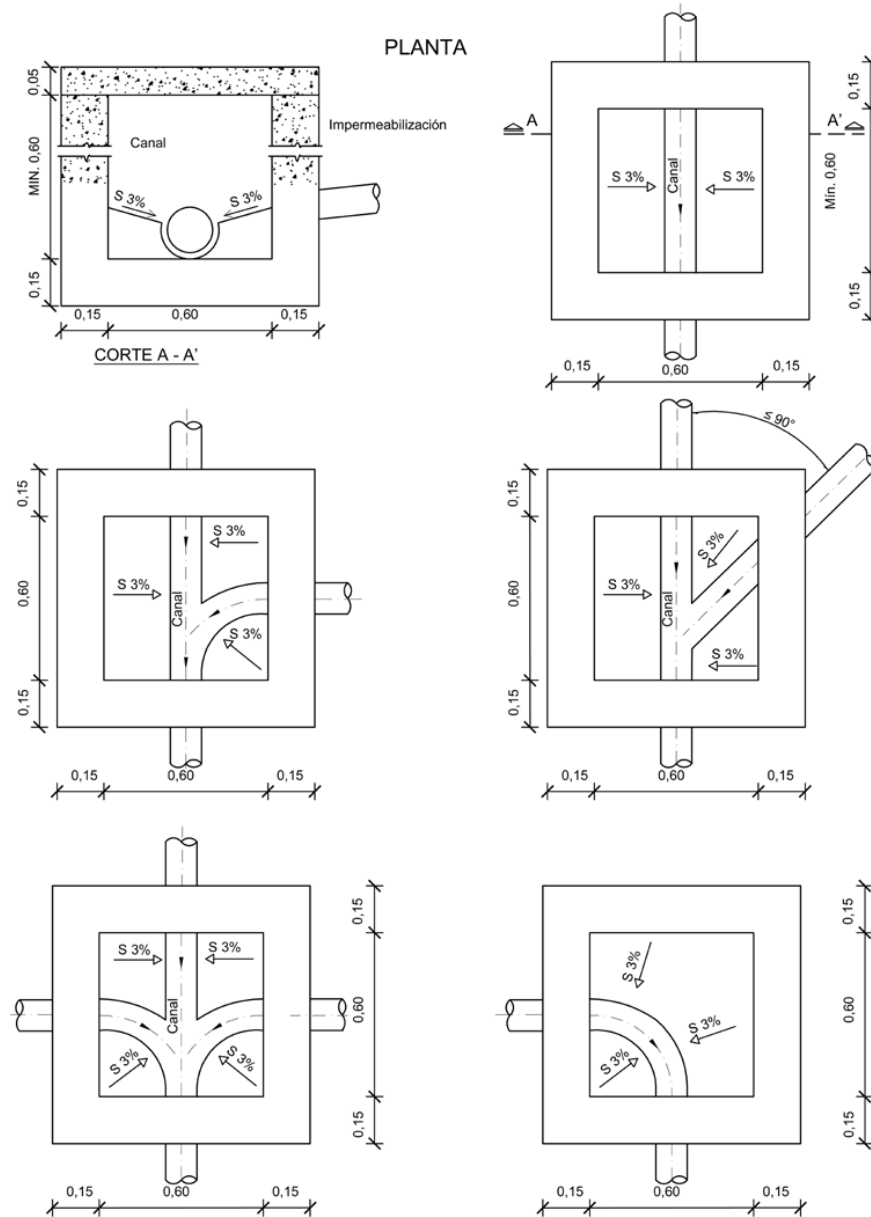
- ❖ Diámetro interno 400 mm
- ❖ Sello hidráulico igual a 200 mm
- ❖ Capacidad de retención de 31 L
- ❖ Diámetro nominal de la tubería de ingreso DN 50 mm
- ❖ Diámetro nominal de la tubería de salida igual a DN 75 mm

#### **2.4.1.7. Cámaras de inspección.**

- 1) 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.
- 2) 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: Arranque, Cambio de dirección, Cambio de diámetro, Cambio de pendiente, Cambio de material, Intersecciones y Caídas.

- 3) 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. 2.13).



**Figura 2.13. Cámara de inspección c/profundidad menor a 100 m, sección 0,6m x 0,6m.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) Toda área interior de un inmueble o áreas de ventilación y/o iluminación, donde se localicen cámaras de inspección o registro, cajas desgrasadoras y similares, debe ser provista de fácil acceso para el mantenimiento de estas instalaciones.
- 7) Las tapas de las cámaras de inspección, cajas interceptoras, cámaras de registro, dispositivos o accesorios de registro en bajantes y los dispositivos de limpieza de sifones (bujes), deben instalarse con espacio suficiente de manera que se facilite su remoción y apertura en caso de inspecciones y para fines de limpieza y/o desobstrucción.
- 8) 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 RENISDA.
- 9) Las dimensiones mínimas de las cámaras de inspección serán las indicadas en la Tabla 2.21.

**Tabla 2.21. 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:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

- 10) Las cámaras con una profundidad igual o mayor a los 2 m se podrán construir de una sección circular de 1,20 m de diámetro, con un cono de reducción o una sección de transición que termine en un acceso de 0,60 m de diámetro.
- 11) En toda cámara de inspección mayor a 1 m de profundidad, se deberá colocar escalones o peldaños de hierro galvanizado, de 20 mm de diámetro, cada 0,30 m de espaciamiento.
- 12) La banqueta del fondo de la cámara deberá tener una inclinación del 3%, hacia el canal de salida.
- 13) 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.
- 14) El espesor de los muros o paredes de las cámaras deberán ser diseñadas para resistir a las cargas y presiones exteriores, como el empuje de tierras y/o el efecto de cargas móviles. En casos especiales y en cámaras mayores a los tres metros de profundidad, se deberán adjuntar los cálculos estructurales que justifiquen el espesor de los muros.
- 15) En inmuebles con más de tres pisos, las cámaras de inspección deberán ser construidas a una distancia mayor a 2 m de las bajantes sanitarias que contribuyen a las mismas. En edificios con menos de tres pisos las cámaras de inspección deberán ser construidas a una distancia mayor a 1 m de las bajantes sanitarias.

#### **2.4.1.8. 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.
- 2) Las cámaras de registro deberán tener una dimensión mínima igual a DN+ 300 mm por lado.
- 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.

#### **2.4.2. Requisitos de funcionamiento.**

- 1) Las instalaciones domiciliarias de aguas residuales deben ser diseñadas y ejecutadas cumpliendo los siguientes requisitos:
  - Permitir un escurrimiento rápido de las aguas residuales.
  - Impedir el pasaje de los gases provenientes de las tuberías de drenaje de aguas residuales al interior de las edificaciones.
  - No permitir la filtración de aguas, evacuación de gases y formación de depósitos en las tuberías de drenaje de aguas residuales.
  - Evitar los riesgos de pérdidas físicas por fallas de funcionamiento y descargas incontroladas que podrían afectar y/o dañar un inmueble, propiedades circunvecinas y/ crear impactos negativos en el medio ambiente.
- 2) Toda instalación domiciliaria de aguas residuales debe ser dotada de ventilación primaria y/o secundaria, a fin de evitar la ruptura de los sellos hidráulicos y evacuar hacia la atmósfera los gases emanados de los colectores sanitarios.
- 3) Todas las bajantes y tuberías horizontales suspendidas deben ser instaladas sólidamente con abrazaderas sujetas a elementos no estructurales de tal modo que se garantice la estabilidad, verticalidad o pendientes adoptadas en el diseño.
- 4) Las tuberías horizontales suspendidas de evacuación de aguas residuales deben ser instaladas con pendientes constantes y no menores a las previstas en el diseño.
- 5) Se prohíbe la descarga de aguas de rebose y de limpieza de los tanques de almacenamiento de agua potable al sistema de evacuación de aguas residuales (MMAyA, 2011).

#### **2.4.3. Pruebas e inspecciones técnicas en instalaciones domiciliarias de aguas residuales.**

- 1) Toda obra civil de instalación domiciliaria de evacuación de aguas residuales, debe ser objeto de pruebas de impermeabilidad y hermeticidad, para lo cual se deberán llevar a cabo inspecciones, técnicas y pruebas o ensayos de operación

y/o funcionamiento. Estas pruebas e inspecciones deberán llevarse a cabo antes de la puesta en servicio de todo el sistema de recolección de aguas residuales.

- 2) Las inspecciones técnicas y la aprobación de las pruebas hidráulicas serán de responsabilidad del Ing. Proyectista y/o Ing. Supervisor de Obras.
- 3) Las pruebas y/o ensayos e inspecciones se aplicarán tanto a las tuberías verticales de evacuación de aguas residuales, como horizontales.

#### **2.4.3.1. Inspecciones técnicas en bajantes sanitarias.**

Después de concluida la instalación de las bajantes sanitarias y antes de la realización de los ensayos o pruebas hidráulicas, se deberá realizar, previamente, una inspección técnica para verificar, entre otros aspectos técnicos:

- 1) Que la instalación de las bajantes sanitarias fue realizada de acuerdo a los planos y alcances del proyecto.
- 2) Que las tuberías se encuentren suficientemente fijas o empotradas en muros y/o paredes, garantizando su estabilidad estructural y su alineamiento vertical.
- 3) Que los materiales y accesorios empleados correspondan a los especificados en los planos y lo establecido por el IBNORCA y el RENISDA.
- 4) Que se cuente con los registros sanitarios para la inspección y limpieza de los conductos verticales.

#### **2.4.3.2. Inspecciones técnicas en tuberías sanitarias horizontales.**

La inspección técnica se llevará a cabo después de concluida la instalación de las tuberías horizontales de aguas residuales (tuberías suspendidas, ramales de descarga, ramales sanitarios, cajas interceptoras, colectores y subcolectores enterrados). En el caso de colectores sanitarios, la inspección técnica será realizada antes de procederse a ejecutar el relleno y compactación de las zanjas y previa a la realización de la prueba hidráulica. La inspección técnica deberá verificar entre otros aspectos técnicos:

- ❖ Que el tendido y trazado de las tuberías, ubicación de cámaras de inspección y registro correspondan con el diseño del proyecto y los planos aprobados.



- ❖ Que los materiales empleados estén de acuerdo con lo especificado en el proyecto y cumplan con las normas de calidad del IBNORCA.
- ❖ Que los tramos horizontales correspondientes a los ramales de descarga, ramales sanitarios estén convenientemente fijados o empotrados en los entresijos, y elementos estructurales permitidos, de modo que aseguren su estabilidad y correcto funcionamiento.
- ❖ Que las pendientes y alineación de las tuberías que descargan a las bajantes sanitarias se hallen de acuerdo con lo indicado en el proyecto.
- ❖ Que las zanjas y el tendido de colectores cumplan con las especificaciones constructivas, acordes con el material de tubería empleado, considerando la profundidad, ancho, pendientes, capa base y material de relleno, indicados en los planos.
- ❖ Que las pendientes y alineación de tuberías cumplan con las especificaciones indicadas en los planos.

#### **2.4.3.3. Prueba hidráulica en bajantes sanitarias.**

- ❖ Las pruebas hidráulicas verticales pueden ser ejecutadas en forma parcial, por tramos / secciones o en la totalidad o conjunto de todo el sistema de bajantes sanitarias del inmueble.
- ❖ Para la realización de la prueba hidráulica de las bajantes sanitarias, considerando todo el conjunto del sistema, deberán ser convenientemente selladas todas las aberturas de tuberías o desagües existentes, excepto el extremo superior de la bajante, con la cota más alta, por la cual se llenará con agua todo el sistema, hasta lograr el nivel de llenado o rebalse. El ensayo deberá asegurar que la presión resultante en el punto más bajo no exceda los 60 kPa (6 mca) y mantener el nivel de llenado por un periodo mínimo de 15 min.
- ❖ En la prueba por secciones o tramos, se deberá aislar una sección de la bajante con una altura mínima de 3 m y ser llenada la misma con agua por el extremo de cota más alta, debiendo las demás aberturas ser convenientemente selladas.

La presión de prueba debe corresponderá una presión mínima de 30 kPa (3 mca), la misma que deberá ser mantenida por un periodo mínimo de 15 min.

- ❖ El límite máximo permitido de presión de la prueba hidráulica de 60 kPa (6 mca), puede ser incrementado siempre y cuando el proyectista verifique la probabilidad de que pudiera presentarse una obstrucción en un trecho o tramo de la bajante, situación que podría generar una presión superior a 6 mca.
- ❖ En ningún caso, deben presentarse fugas visibles de agua en las tuberías y/o accesorios. En caso de que las pruebas identifiquen problemas en la instalación se realizarán las reparaciones correspondientes, para luego proceder a la realización de nuevas pruebas hidráulicas.

#### **2.4.3.4. Prueba con aire y humo en bajantes sanitarias.**

Se podrá aplicar, alternativamente a las pruebas hidráulicas, las pruebas o ensayos con aire comprimido, para lo cual se procederá de la siguiente manera:

- ❖ Todas las entradas o salidas de las tuberías deben ser convenientemente taponadas a excepción de aquella por la cual será introducido el aire.
- ❖ El aire será llenado en el interior de la tubería hasta que se alcance una presión uniforme de 35 kPa (3,5 mca). Esta presión debe ser mantenida por un periodo no menor a 15 minutos.
- ❖ El límite máximo de 35 kPa, puede ser sobrepasado cuando, por verificación de proyectista, exista una probable obstrucción o taponamiento en un trecho de la tubería que pudiera ocasionar presiones superiores a esta.
- ❖ En ningún caso, deben presentarse fugas visibles de aire en las tuberías y/o accesorios. En caso de que las pruebas identifiquen problemas en la instalación, se realizarán las reparaciones correspondientes, para luego proceder a la realización de nuevas pruebas.

#### **2.4.3.5. Prueba hidráulica en tuberías horizontales suspendidas y colectores sanitarios.**

- ❖ Las pruebas hidráulicas se llevarán a cabo después de la aprobación, por parte del Ing. Supervisor de obra, de la inspección técnica. En el caso de colectores, la prueba hidráulica será realizada antes de procederse a ejecutar el relleno y compactación de las zanjas.
- ❖ Antes de la prueba hidráulica, todos los colectores del alcantarillado sanitario y/o pluvial, se someterán, por tramos, a la prueba de la bola o del espejo, verificando que las juntas no tengan rebordes ni salientes interiores que impidan un fácil escurrimiento de las descargas.
- ❖ Una vez aprobado el ensayo anterior, los colectores del alcantarillado sanitario y pluvial y cámaras de inspección, serán sometidos a una prueba hidráulica por tramos.
- ❖ En el caso del alcantarillado sanitario las tuberías serán rellenadas con agua hasta alcanzar el nivel máximo de la cámara de inspección situada aguas abajo del tramo considerado. Para ser aprobada la prueba, se deberá observar que los niveles de agua se mantengan constantes por un tiempo no menor a 30 minutos.
- ❖ En el caso de tuberías horizontales suspendidas, las tuberías se llenarán con agua hasta alcanzar al menos 2 m. de nivel en la bajante correspondiente. Para ser aprobada la prueba, se deberá observar que los niveles de agua se mantengan constantes por un tiempo no menor a 30 minutos.
- ❖ Se llevará a cabo una segunda prueba hidráulica en los colectores del alcantarillado sanitario una vez efectuado el relleno de todos los tramos de tubería. Esta prueba tiene por objeto determinar la correcta compactación y relleno de zanjas y observar que no se presenten roturas o asentamientos que afecten la estabilidad de los suelos y el flujo normal de las aguas. Para la aprobación de la prueba se deberá observar que los niveles de agua se mantengan constantes por un tiempo no menor a 30 minutos.
- ❖ En ningún caso se deberán observar fugas visibles de agua en la tubería y/o accesorios.

- ❖ En caso de que las pruebas identifiquen problemas en la instalación de las tuberías se deberán realizar las reparaciones correspondientes para luego proceder a la realización de una nueva prueba hidráulica hasta asegurar la entrega satisfactoria de las instalaciones.
- ❖ Una vez aprobada la prueba hidráulica, podrá procederse a la instalación de los artefactos sanitarios y someter a todo el sistema a una prueba de funcionamiento y operación (MMAyA, 2011).

## **2.5. Materiales.**

### **2.5.1. Tuberías y accesorios de agua potable.**

Las tuberías y accesorios a ser empleados en las instalaciones sanitarias domiciliarias de agua potable y alcantarillado sanitario, deberán cumplir con los estándares de calidad y procedimientos de certificación establecidos por el IBNORCA. Para aquellos casos en que no se cuente con normativa del país y en tanto IBNORCA establezca la normativa oficial, se podrá aplicar una norma internacional de referencia que avale la calidad de los productos a emplearse.

#### **2.5.1.1. Tuberías de agua potable.**

Los tubos que se emplean en la actualidad para instalar redes de agua en viviendas son de PVC y PP-R.

**PVC.** - Los tubos y accesorios de policloruro de vinilo (PVC) son recomendados para uso en instalaciones domiciliarias de agua fría.

Para instalar tuberías de PVC se puede optar por dos tipos: rosca o de embone.

El sistema roscado es más trabajoso porque requiere que todos los tubos y accesorios tengan rosca y hay que emplear mucho la tarraja. Para asegurar las uniones con rosca y evitar las fugas de agua se emplea cinta de teflón.

El sistema de embone o empalme espiga/campana (comúnmente llamado a presión) es más sencillo y fácil de instalar. Se emplea mucho el pegamento para tubos de PVC y no hay necesidad de que los tubos tengan rosca.

**PP-R.** - Los tubos y accesorios de PP-R son recomendadas para el uso de instalación de agua potable fría y caliente.

El Polipropileno Random, PP-R, es un polímero (plástico), que, debido a sus excelentes propiedades, lo convierten en la mejor alternativa para la distribución y suministro de agua potable a presión, e incluso canalización de otros fluidos, tanto en el sector doméstico como industrial, también alimentario, ya que garantiza total atoxicidad para el ser humano.

Las uniones se realizan mediante rosca y la termo fusión de las piezas, siendo un material de gran soldabilidad, fácil, seguro y confiable (TIPOS DE TUBERÍAS SEGÚN EL TIPO DE INSTALACIÓN, 2020)

#### **2.5.1.2. Accesorios para instalaciones de agua.**

Para realizar una instalación de agua debemos contar con accesorios de PVC o de PP-R, generalmente de 1/2", a veces de 3/4" o 1". Algunos son con rosca y otros sin rosca. Los accesorios nos permiten derivar el agua a los diferentes ambientes de nuestras viviendas y facilitan las operaciones de montaje de tuberías y conexiones de agua a la cocina, baño, lavandería, segundo piso, caños de nuestro jardín o patio, etc. Los términos T, codo, reducción, unión, tapón y otros forman parte del vocabulario técnico de plomería al realizar una instalación de agua potable.

#### **2.5.2. Tuberías y accesorios de evacuación de aguas residuales.**

Las tuberías a emplearse para la evacuación de aguas residuales, podrán ser de PVC, de hormigón, de asbesto cemento y otros materiales, siempre y cuando, cumplan con las especificaciones técnicas del IBNORCA y cuenten con una Certificación o Sello de Conformidad de la calidad de las mismas.

##### **2.5.2.1. Tuberías de PVC.**

Las tuberías de PVC Se caracterizan por ser muy livianas, flexibles, fáciles de manipular, económicas y de mayor tiempo de vida útil. El método de empalme en ellas es el de "espiga y campana" con soldadura de PVC. Este tipo de unión resulta muy eficiente y seguro si se realiza en forma correcta.

Las juntas de las tuberías y conexiones deben garantizar un perfecto cierre y hermeticidad contra la infiltración y escape de gases del sistema primario.

#### **2.5.2.1. Accesorios.**

Los accesorios de tuberías permiten complementar la función de canalizar el desagüe de una vivienda, se adaptan entre sí y facilitan la conexión del sistema de desagüe.

Comercialmente existe una gran variedad de ellos. A cada uno se le reconoce por el nombre y por el tipo de tubería con el que se empleará.

Algunas de las funciones de los accesorios son: Los codos de 90° se emplean para realizar conexiones de tuberías que van por el piso y la pared. Las T sirven para derivar una tubería de desagüe en ángulos rectos (90°); las Y, para conectar tuberías en ángulos de 45°. El sombrero de ventilación se emplea para proteger los tubos de salida que se colocan en la parte superior de las viviendas. Las trampas se usan para evitar que el mal olor de las tuberías de desagüe regrese a la vivienda (MINISTERIO DE EDUCACION, 2008).

#### **2.5.3. Artefactos sanitarios.**

##### **2.5.3.1. Inodoros.**

- 1) Los inodoros a emplearse en las instalaciones sanitarias domiciliarias deberán ser de bajo consumo de agua, debiendo descargar como máximo un volumen no mayor a los 6 L por cada pulsación. Se permite el empleo de equipos de doble pulsación, con descargas de 3 L - 6 L, para la evacuación de orina y/o heces respectivamente.
- 2) En todo inodoro la altura mínima de la taza, desde el nivel de piso hasta el asiento del mismo, será de 350 mm. En caso de inodoros para niños menores de 5 años, la altura de la taza del inodoro deberá estar entre los 250 a 260 mm.
- 3) La tubería de salida o descarga deberá tener un diámetro nominal de 100mm.

##### **2.5.3.2. Lavamanos – lavatorios.**

- 1) Todo lavamanos/lavatorio, importado o fabricado debe ser instalado con una grifería que no permita un consumo de agua mayor a los 0,15 L/s (9 L/min.).

- 2) Todo lavamanos/lavatorio deberá contar con un mecanismo de protección contra el rebalse de las aguas (rebosadero).
- 3) La tubería de descarga deberá tener un diámetro nominal no inferior a 40 mm.

#### **2.5.3.3.Duchas.**

- 1) Toda ducha fabricada o importada debe ser instalada con una grifería y/o accesorios que no permitan un consumo mayor a los 0,15 L/s (9 L/min.).
- 2) La tubería de descarga de una ducha individual deberá tener un diámetro nominal no menor a 40 mm. El orificio de salida deberá estar equipado de una rejilla de piso de diámetro nominal no menor a los 75 mm.
- 3) Las bases de ducha deberán ser de material impermeable, no corrosivo ni absorbente y resistente al agua.
- 4) El sistema de abastecimiento de agua en duchas, tuberías de alimentación, mezclador, y otros accesorios, deberá ser construido de manera que se asegure su estabilidad y seguridad, realizando un empotramiento perfecto en los muros o tabiques.

#### **2.5.3.4.Lavaplatos, lavanderías, piletas de servicio.**

- 1) Todo lavaplatos/pileta de cocina/lavandería/pileta de servicio importado o fabricado debe ser instalado con una grifería que no permita un consumo de agua mayor a los 0,15 L/s (9 L/min).
- 2) Tanto en inmuebles públicos como privados, los lavaplatos o pileta de cocina deberán contar con un desgrasador. La tubería de ingreso deberá tener un diámetro no menor a 50 mm y la tubería de descarga será de un diámetro igual o superior a 75 mm.
- 3) Todo lavaplatos/lavandería/pileta de servicio deberá contar con un mecanismo de rebalse cuando se produzca el llenado del mismo (rebosadero).
- 4) El punto de salida de la grifería a instalarse deberá estar situada a una distancia, por encima del orificio de rebose.
- 5) La tubería de descarga de la pileta de servicio / lavandería, deberá tener un diámetro nominal no menor a 40 mm.

- 6) Toda grifería deberá estar provista de una rejilla o criba de retención de sólidos y contar con un tapón o accesorio de retención de líquidos.

#### **2.5.4. Instalación de artefactos sanitarios.**

La instalación de artefactos sanitarios, su ubicación, número, sus accesorios, y equipamientos, se deberán realizar de acuerdo al RENISDA y de acuerdo a las instrucciones y recomendaciones del fabricante o proveedor.

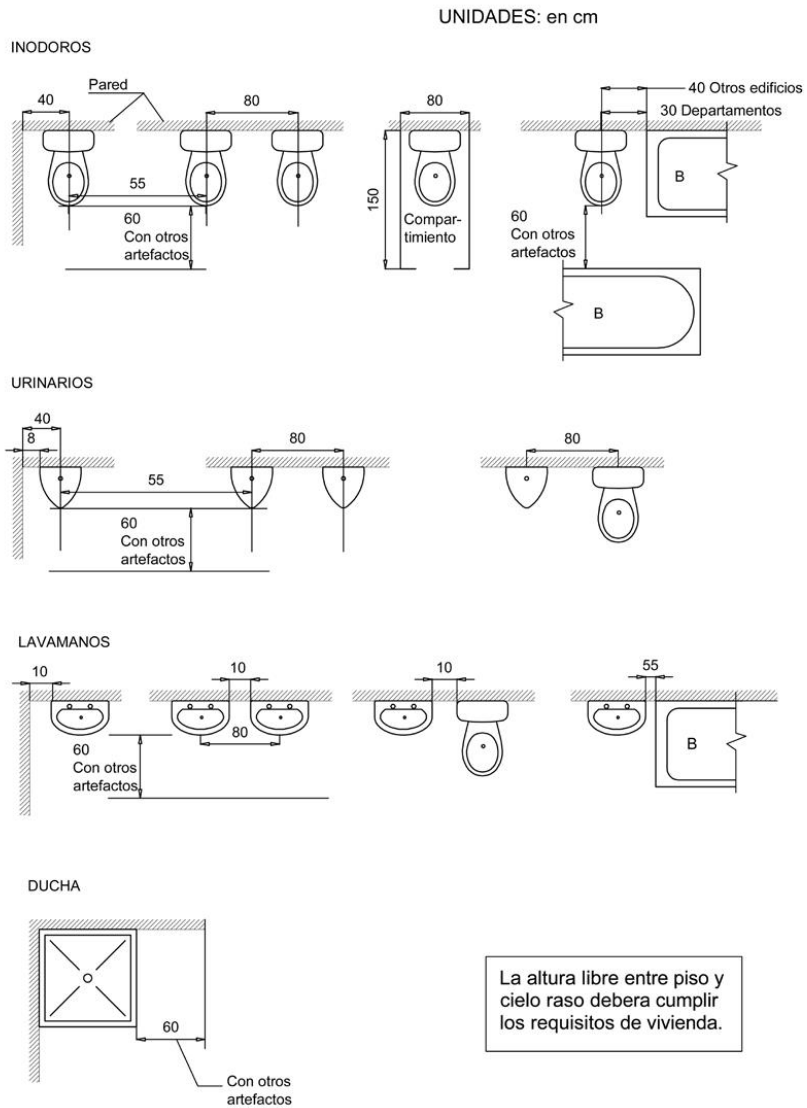
##### **2.5.4.1. Ambientes.**

- 1) Todo artefacto sanitario debe ser instalado de manera que se facilite su limpieza y la del ambiente en que se encuentra.
- 2) Toda unidad sanitaria o baño donde se instala una ducha o una combinación de ducha con tina de baño, deberá tener las superficies de los muros/ paredes y tabiques de división, impermeables, no corrosivas, ni absorbentes y resistentes al agua. Estas superficies deberán extenderse hasta una altura no menor a los dos metros.
- 3) Los urinarios deben ser instalados en ambientes con superficies de muros y pisos impermeables y de fácil limpieza. La impermeabilización de los muros deberá extenderse al menos 1,20 m por encima del nivel de piso terminado.

##### **2.5.4.2. Distancias mínimas.**

- 1) Todo artefacto sanitario deberá ser instalado garantizando un mínimo confort y privacidad de las personas.
- 2) Las distancias mínimas o área libre entre artefactos sanitarios y los muros o tabiques adyacentes, que delimitan las unidades sanitarias, deberán cumplir con lo especificado en la Fig. 2.14 (MMAyA, 2011).







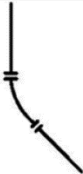
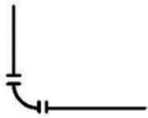
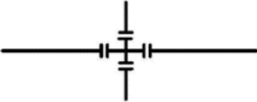


**Figura 2.14. Distancias mínimas entre artefactos sanitarios.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

## 2.6. Simbología de instalaciones sanitarias.


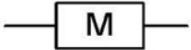







El plano de instalaciones sanitarias domiciliarias es la representación técnica y simbólica de cómo será instalado el sistema. Cada accesorio y tubería tiene un símbolo que lo identifica y lo diferencia de los demás; por lo tanto, nos da información técnica muy concreta y específica para su utilización ver la fig. 2.15 y 2.16 (MINISTERIO DE EDUCACION, 2008).

### 2.6.1. Simbología de instalaciones domiciliarias de agua potable.

Nº	Descripción	Sigla	Simbología
1	Aspersor de riego	AR	
2	Bomba de agua	B	
3	Codo de 45°	C45	
4	Codo de 90°	C90	
5	Cruz	C	
6	Dispositivo antirreflujo de aguas	DA	
7	Junta de dilatación	JD	


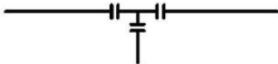



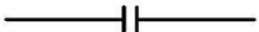

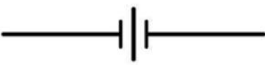

**Figura 2.15. Simbología Redes de agua potable.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

8	Manómetro	Mno	
9	Medidor de agua potable	M	
10	Montante o columna de agua, número (1 ; 2 ; ...) Corte vertical	M ...	
11	Montante o columna de agua, número (1 ; 2 ; ...) – Planta	M ...	
12	Niple	N	
13	Reducción concéntrica	RC	
14	Reducción de flujo	RF	
15	Tanque de agua elevado. Tanque cisterna	TE TC	
16	Tapón hembra	TH	






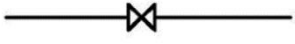


**Figura 2.15. (Continuación) Simbología Redes de agua potable.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

17	Tapón macho	TM	
18	Tee	T	
19	Tubería contra incendios, PVC, diámetro nominal (mm)	TCI PVC $\Phi$ ...	
20	Tubería de agua caliente, PVC, diámetro nominal (mm)	TAC PVC $\Phi$ ...	
21	Tubería de agua potable fría, PVC, diámetro nominal (mm)	TAP PVC $\Phi$ ...	
22	Unión con bridas	UB	
23	Unión flexible	UF	
24	Unión universal	UU	
25	Válvula automática	VA	

**Figura 2.15. (Continuación) Simbología Redes de agua potable.**







**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

26	Válvula compuerta	VC	
27	Válvula de entrada y purga de aire (Ventosa)	VV	
28	Válvula de flotador - Mecánico	VF	
29	Válvula de flotador - Eléctrico	VFE	
30	Válvula antiretorno – Check	VCH	
31	Válvula o llave de paso	Llp	
32	Válvula o llave de paso de bola	Llb	
33	Válvula reductora de presión	VRP	

**Figura 2.15. (Continuación) Simbología Redes de agua potable.**



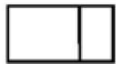



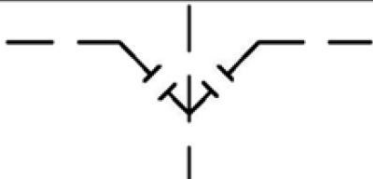
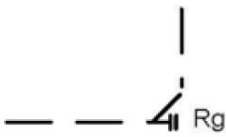
**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

## 2.6.2. Simbología de instalación de evacuación de aguas. Residuales.

Descripción	Sigla	Simbología
Bajante sanitaria, PVC, diámetro nominal (mm) – Corte	BS PVC $\Phi$ ...	
Bajante sanitaria, PVC, diámetro nominal (mm) - Planta	BS PVC $\Phi$ ...	
Bajante aguas grises, PVC, diámetro nominal (mm) - Corte	BG PVC $\Phi$ ...	
Bajante aguas grises, PVC, diámetro nominal (mm) – Planta	BG PVC $\Phi$ ...	
Cámara de inspección Doble 0.60 / 1.00 m. Profundidad mayor a 1.00 m.	Cld	
Tubería sanitaria, alcantarillado sanitario, PVC / H°S°, diámetro nominal (mm)	TS PVC $\Phi$ ... TS H°S° $\Phi$ ...	

**Figura 2.16. Simbología Redes de recolección de aguas residuales.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

Cámara de inspección simple 0.60 / 0.60 m. Profundidad max 1.00 m.	CI	
Cámara de registro	CR	
Cámara séptica	CS	
Columna de ventilación , PVC diámetro nominal (mm) - Corte	CV PVC $\Phi$ ...	
Columna de ventilación, PVC diámetro nominal (mm) - Planta	CV PVC $\Phi$ ...	
Dirección de la pendiente	S%	
Ramal doble Yee	RYY	
Ramal Yee con registro	RY	

**Figura 2.16. (Continuación) Simbología Redes de recolección de aguas residuales.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

## CAPÍTULO 3

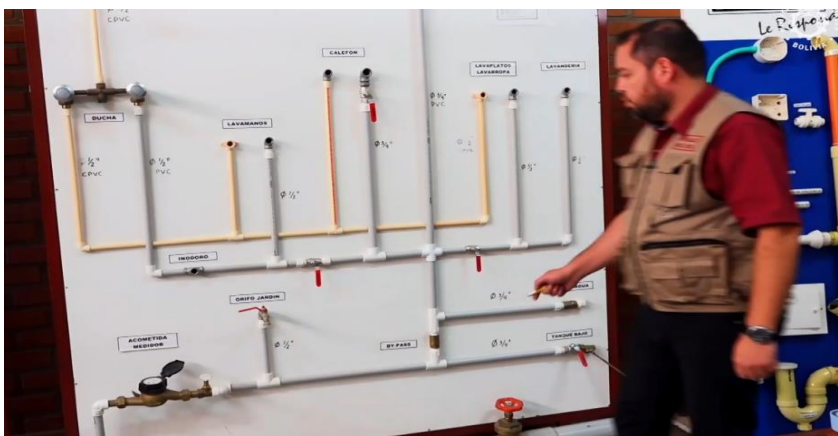
### APLICACIÓN PRÁCTICA

El módulo hidrosanitario estará diseñado y construido para realizar 4 prácticas de laboratorio para mejorar el proceso enseñanza aprendizaje, las cuales son:

#### **Practica 1: Instalaciones domiciliarias de agua potable.**

Para la primera práctica se construirá 3 paneles que ayudaran a comprender con elementos reales los distintos tipos de sistema de abastecimiento, sistemas de distribución, tipos de tuberías y accesorios.

Panel 1: En el primer panel se construirá un croquis de un sistema domiciliario de agua potable fría y caliente de una vivienda unifamiliar, ver figura 3.1.



**Figura 3.1. Croquis de un sistema domiciliario de agua potable.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.

Panel 2: En el segundo panel se colocará los diferentes tipos de tuberías que se tiene en el mercado para la instalación de agua fría y caliente, ver figura 3.2.



**Figura 3.2. Tablero de tuberías de agua potable.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.



Panel 3: En el tercer panel se realizará una tabla de los accesorios más utilizados en un sistema domiciliario de agua potable, ver figura 3.3.



**Figura 3.3. Tablero de accesorios de agua potable.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.

## **Practica 2: Pruebas e inspecciones técnicas en instalaciones domiciliarias de agua potable.**

Para la segunda práctica se construirá un prototipo de un baño a escala real donde se podrá hacer la prueba de presión hidráulica en la tubería de agua fría y caliente, ver figura 3.4.



**Figura 3.4. Prototipo de baño domiciliario.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.

### Practica 3: Instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales.

Para la tercera práctica se construirá 3 paneles que ayudaran a comprender con elementos reales el sistema de evacuación de aguas residuales, tipos de tuberías y accesorios.

Panel 1: El primer panel tiene un croquis de un sistema de evacuación de aguas residuales donde se tiene las diferentes partes que se componen en una instalación, ver figura 3.5.



**Figura 3.5. Croquis de un sistema de drenaje.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.

Panel 2: En el segundo panel se colocará los diferentes diámetros de tuberías que se usan en la instalación de evacuación de aguas residuales, ver figura 3.6.



**Figura 3.6. Tuberías de drenaje.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.

Panel 3: En el tercer panel se realizará un tablero de los accesorios más empleados en una instalación de evacuación de aguas residuales, ver figura 3.7.



**Figura 3.7: Accesorios de drenaje.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”.

#### **Practica 4: Pruebas e inspección técnica en instalaciones domiciliarias de aguas residuales.**

Para la cuarta práctica se construyó un prototipo de un baño a escala real donde se podrá realizar la prueba de estanqueidad o hermeticidad al sistema de evacuación de aguas residuales, ver figura 3.8.

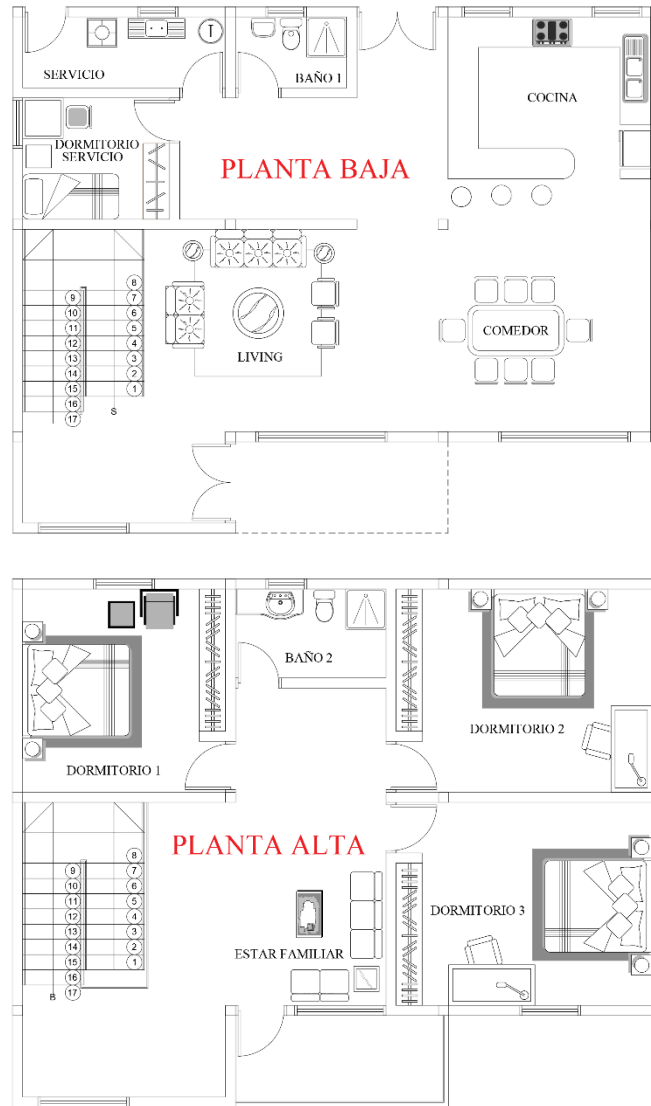


**Figura 3.8. Instalación de la tubería drenaje.**

**Fuente:** Laboratorio de Ingeniería Sanitaria “UNIVALLE”

### 3.1. Memoria de cálculo de la instalación hidrosanitaria de una vivienda unifamiliar.

Para el diseño y construcción del módulo hidrosanitario se realizará los cálculos de todo el sistema hidrosanitario de una vivienda unifamiliar de dos plantas con una superficie construida de 133 m<sup>2</sup>, ver figura 3.9.



**Figura 3.9. Vivienda unifamiliar de dos plantas.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano arquitectónico completo de la vivienda unifamiliar de dos plantas se encuentra en el ANEXO 1.

Cálculos del sistema de instalación de agua potable fría y caliente para una vivienda unifamiliar.

Los cálculos para la instalación de agua potable fría y caliente se lo realizar en conjunto.

### 3.1.1. Cálculo de instalaciones hidrosanitarias “Vivienda unifamiliar”.

El sistema seleccionado para el abastecimiento de agua potable en la vivienda unifamiliar, estará de acuerdo a los descritos en el marco teórico, siendo el mismo un sistema indirecto sin bombeo.

#### 3.1.1.1. Dotación de agua.

Se realiza en este caso un análisis de la tasa de ocupación de la vivienda unifamiliar del número de personas de acuerdo a la cantidad de dormitorios para posteriormente determinar la dotación per cápita neta y obtener el consumo diario para la vivienda.

Tomando en cuenta el RENISDA, se recomienda:

- ❖ 2 personas para dormitorios de tipo social.
- ❖ 1 persona para dormitorio de servicio.

Los datos de números de dormitorios que se presentan en la siguiente tabla son obtenidos de los planos arquitectónicos y función a la anterior recomendación se obtiene el número de personas que está de acuerdo a la cantidad de dormitorios para cada edificación.

**Tabla 3.1. Número de personas en función al número de dormitorios.**

	Nº Dormitorios	Nº Personas
Dormitorios tipo social =	3	6
Dormitorios de servicio =	1	1
TOTAL		7

**Fuente:** Elaboración propia

La dotación en parqueos de automóviles y jardines se debe conocer solamente el área que se ocupa y se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 3.2. Dotación en parqueo y jardín.**

	<b>AREA m2</b>
Parqueo =	141
Jardines =	42

**Fuente:** Elaboración propia

Estimación de la dotación per cápita para vivienda urbana, utilizando la Tabla 2.2. del marco teórico, en función a los siguientes datos para la ciudad de Tarija Cercado:

- ❖ Perteneciente a la región de valle.
- ❖ Altitud media aproximadamente 1800 m.s.n.m.
- ❖ Precipitación media anual para valles, utilizada de la Tabla 2.2. con un valor de 496 mm.
- ❖ Temperatura media, igualmente se tomará en cuenta de la Tabla 2.2. con un valor de 16 °C.
- ❖ Población promedio para la ciudad de Cercado, según censo 2010 es de 216138 Hab.

De la Tabla 2.2., al utilizar la información para la ciudad de Tarija seleccionamos la dotación per cápita para vivienda urbana con un valor promedio de:

$$\text{Dotación} = 150 \text{ L/hab.*día}$$

De la Tabla del número total de personas, con un número total de 7 personas o habitantes en la vivienda.

Obtenemos una dotación en L/día de:

$$\text{Dotación} = 150 \text{ (L/hab.*día)} * 7 \text{ hab.} = 1050 \text{ L/día.}$$

Estimación de la dotación per cápita en el parqueo de automóviles y jardines, aplicando la Tabla 2.6. (Cuadro de dotaciones comerciales, públicas. Valores referenciales), cual nos indica una dotación de: Dotación = 2 L/m<sup>2</sup>\*día. para parqueos y jardines.

Obtenemos una dotación en L/día de:

$$\text{Dotación} = 2 \text{ (L/m}^2\text{*día)} * (141 \text{ m}^2 + 42 \text{ m}^2) = 366 \text{ L/día.}$$

Con los resultados de las dotaciones conocemos el volumen de consumo diario para la vivienda unifamiliar.

$$C_D = 1050 \text{ L} + 366 \text{ L} = 1416 \text{ L}$$

### 3.1.1.2. Cálculo del tanque de almacenamiento.

Aplicando la siguiente formula:  $V_T = C_D + V_{CI} + V_{OU}$  Obtenemos:

$$V_T = 1416 \text{ L}$$

Se utilizará un tanque de agua marca TANK-BURG con una capacidad de 1500 L.

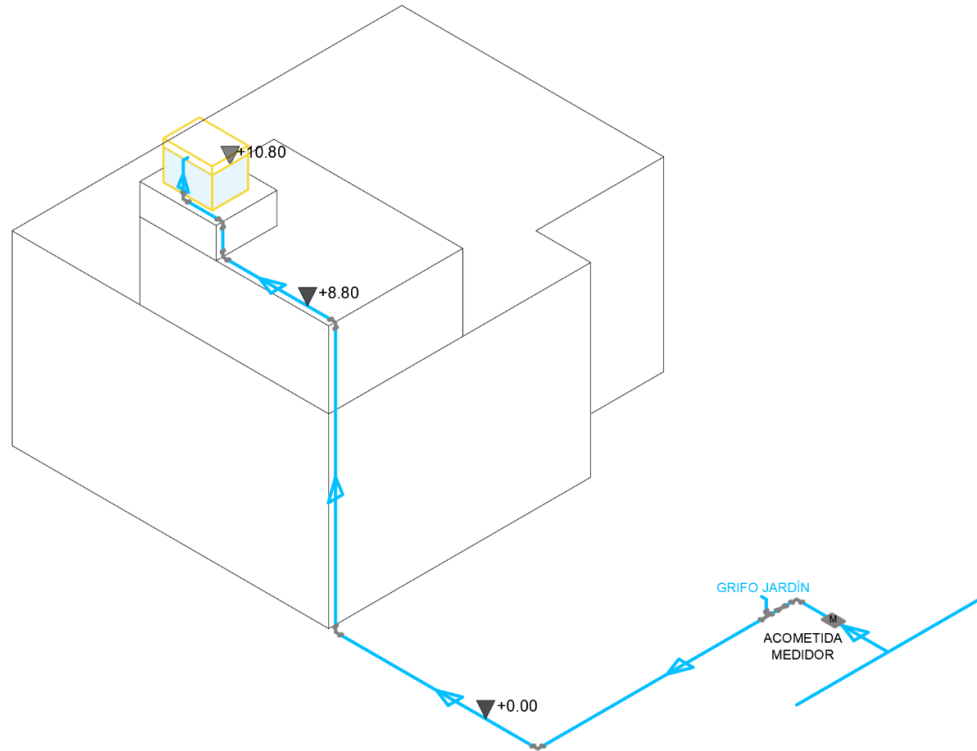
$$V_T = 1500 \text{ L}$$



**Figura 3.10. Tanques horizontales TANK - BURG.**

**Fuente:** Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias. MMA y A. 2011.

**3.1.1.3. Cálculo de tuberías de ingreso de agua de la red pública (sistema indirecto sin bombeo).**



**Figura 3.11. Vista isométrica de sistema de abastecimiento de agua potable.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano del sistema de abastecimiento domiciliario completo con medidas, vista en planta e isométrico se encuentra en el ANEXO 1.

**Tabla 3.3. Datos del sistema de abastecimiento de agua potable.**

DATOS		
Presion en medidor =	20	mca
Tanque de agua =	1,5	m3
Tiempo de llenado =	3	hr
Longitud de tramo =	23,14	m
Altura estatica =	10,8	m

**Fuente:** Elaboración propia.



**a) Cálculo de caudal en tramo**

$$Q_D = \left( \frac{C_D}{86400} \right) * \left( \frac{24}{T} \right)$$

$$Q_D = \frac{C_D}{T * 3600}$$

$$Q_D = \frac{1500}{3 * 3600}$$

$$Q_D = 0,14 \text{ L/s}$$

**b) Cálculo de diámetro efectivo**

Velocidad media de: **Vm = 1 m/s** (asumido)

$$D_{effect.} = \sqrt{\frac{4 * Q_D}{1000 * \pi * Vm}}$$

$$D_{effect.} = \sqrt{\frac{4 * 0,14}{1000 * \pi * 1}}$$

$$D_{effect.} = 0,013 \text{ m}$$

$$D_{effect.} = 0,013 \text{ m} * \frac{1}{0,0254}$$

$$D_{effect.} = 0,5 \text{ pulg.}$$

Adoptamos una tubería de “PVC” con un diámetro comercial de ½ pulg “15mm”

$$A = 0,00018 \text{ m}^2$$

**c) Cálculo del caudal de diseño final “Q<sub>DF</sub>”**

$$Q_{DF} = Vm * A$$

$$Q_{DF} = 1 * 0,00018$$

$$Q_{DF} = 0,00018 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{DF} = 0,18 \text{ L}$$

**d) Pérdidas de carga en la tubería de alimentación “hf”**

Cálculo del número de Reynolds:

$$Re = \frac{Vm * Dn}{\nu}$$

Utilizando una viscosidad cinemática para el agua de la Tabla 2.10. a una temperatura de 20°C obtenemos:

$$\nu = 1,007 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}.$$

$$Re = \frac{Vm * Dn}{\nu}$$

$$Re = \frac{1 * \frac{15}{1000}}{1,007 * 10^{-6}}$$

$$Re = 14895,73$$

Cálculo del factor de fricción de Darcy con la ecuación modificada de Colebrook - White:

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

Adoptamos:

K = 0,007 mm coeficiente de rugosidad de Tabla 2.9. para tuberías de PVC, con los resultados anteriores y resolviendo la ecuación modificada de Colebrook - White obtenemos el factor de fricción de Darcy:

$$f = \frac{0,25}{\left[ \text{Log} \left( \frac{0,007}{3,7 * 15} + \frac{5,74}{14895,73^{0,9}} \right) \right]^2}$$

$$f = 0,028813$$

**L (Long. De tubería de P.V.C.) = 23,14 m.**

Perdidas de carga por accesorios en términos de Long. Equivalente de Tabla 2.12.:

- 1 llave compuerta abierta (D = 15 mm) Le = 0.1 m.
- 1 llave de paso globo “Válvula flotador” (D = 15 mm) Le = 11.1 m.
- 4 codos de 90° (D = 15 mm) Le = 1.1 m.
- 1 te salida bilateral (D = 15 mm) Le = 2.3 m.
- 1 hidrómetro (D = 15 mm) Le = 1 m.

El resultado total de pérdidas de carga locales en términos de longitud equivalente es:

$$Le_{total} = 0.1 + 11.1 + 4 * 1.1 + 2.3 + 1$$

$$Le_{total} = 18.9 \text{ m}$$

El resultado de la longitud total entre la adición de las pérdidas de carga locales en términos de longitud equivalente con la longitud de tubería es de:

Long. Total = L (Long. de tubería de P.V.C.) + Long. Equivalente

$$L_{TOTAL} = \text{Long. de tubería de PVC} + Le_{total}$$

$$L_{TOTAL} = \text{Long. de tubería de PVC} + Le_{total}$$

$$L_{TOTAL} = 23.14 + 18.9$$

$$L_{TOTAL} = 42.04 \text{ m}$$

Aplicando la fórmula de Darcy - Weisbach obtenemos las pérdidas de carga total:

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

$$h_f = 0,028813 * \frac{43.04 * 1^2}{\frac{15}{1000} * 2 * 9.81}$$

$$h_f = 4.21 \text{ m}$$

**e) Cálculo de la presión en el tanque elevado.**

$$P = P_{inicial} - hf - H_{geometrico}$$

$$P = 20 - 4.21 - 10.8$$

$$P = 4.99 \text{ m. c. a} > 2 \text{ m. c. a}$$

La presión de ingreso al tanque elevado es mayor a la presión requerida por el reglamento.

**3.1.1.4. Instalación domiciliaria de agua caliente.**

**1. Consumo de agua caliente.**

El departamento de Tarija se encuentra en la región del valle de acuerdo con la tabla 2.13 el consumo de agua caliente equivale al 25% del consumo diario:

$$C_{DC} = 0.25 * 1500$$

$$C_{DC} = 375 \text{ L/dia}$$

$$C_{DC} = 0.375 \text{ m}^3/\text{dia}$$

**2. Capacidad de tanque de almacenamiento de agua caliente.**

Se utilizará la tabla 2.14 del marco teórico para la capacidad del tanque para vivienda unifamiliar.

$$C_{tanque} = \frac{1}{5} * C_{DC}$$

$$C_{tanque} = \frac{1}{5} * 375$$

$$C_{tanque} = 75 \text{ L}$$

**3.1.1.5. Dimensionamiento de tuberías columnas o montantes principales de agua fría.**

**a) Cálculo de las unidades de gato por artefacto sanitario.**

Se utilizará la tabla 2.6 del marco teórico de unidades de gasto por artefacto sanitario. Método Hunter.

**Tabla 3.4. Cálculo de las unidades de gato por artefacto sanitario.**

<b>PLANTA ALTA</b>		
<b>Artefacto Sanitario</b>	<b>Unidades de Gasto (UG)</b>	
	<b>Fria</b>	<b>Caliente</b>
Ducha	1,5	1,5
Inodoro	2,5	0
Lavamanos	0,8	0,8
<b>TOTAL</b>	4,8	2,3
<b>TOTAL</b>	7,1	

<b>PLANTA BAJA</b>		
<b>Artefacto Sanitario</b>	<b>Unidades de Gasto (UG)</b>	
	<b>Fria</b>	<b>Caliente</b>
Ducha	1,5	1,5
Inodoro	2,5	0
Lavamanos	0,8	0,8
Lavadora E.	3	0
Lavanderia	1,5	1,5
<b>TOTAL</b>	9,3	3,8
<b>TOTAL</b>	13,1	

<b>PLANTA BAJA</b>		
<b>Artefacto Sanitario</b>	<b>Unidades de Gasto (UG)</b>	
	<b>Fria</b>	<b>Caliente</b>
Grifo de riego	2,5	0
Lavaplatos	1,1	1,1
<b>TOTAL</b>	3,6	1,1
<b>TOTAL</b>	4,7	

<b>UNIDADES DE GATOS TOTAL DE LA VIVIENDA</b>	<b>24,9</b>
<b>UNIDADES DE GATOS TOTAL DE AGUA CALIENTE</b>	<b>7,2</b>

Fuente: Elaboración propia.

**b) Dimensionamiento de tuberías columnas o montantes principales de agua fría.**

Se utilizará una viscosidad para una temperatura de 20°C de:  $\nu = 1,007 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s. El coeficiente de rugosidad de la tubería de PVC a calcular en las tablas es:  $k = 0,007$  mm.

**Tabla 3.5. Dimensionamiento de montantes “Agua Fría”.**

MONTANTE													
N°	Columna	Piso	Tramo		(UG)	(UG) Acum.	Q (l/s)	DN		v (m/s)	K (mm)	Re	f
			De	A				(mm)	(plg)				
1	1	Terraza	B'	A	0	24,9	0,59	20	3/4"	1,878	0,007	37299,5	0,0154
2	1	Terraza	B	B'	0	13,2	0,37	20	3/4"	1,178	0,007	23391,2	0,0154
3	1'	P.A.	C	B	4,8	13,2	0,37	20	3/4"	1,178	0,007	23391,2	0,0154
4	1'	P.B.	D	C	4,8	8,4	0,27	20	3/4"	0,859	0,007	17069,2	0,0154
5	1'	P.B.	E	D	3,6	3,6	0,17	15	3/4"	0,962	0,007	14329,7	0,0165
6	1"	P.B.	F	B	11,7	11,7	0,34	20	3/4"	1,082	0,007	21494,6	0,0154
										V. min =	1,178		
										V. max =	1,878		

MONTANTE													
N°	real	Longitud Equivalente						Equiv.	Total	Pérdida de carga		Presión (m.c.a)	Punto
		N°	Codo	N°	Tee	N°	Llave			hf-Unit.	Total	4,5	
1	2,5	4	1,2	1	2,4	1	0,2	7,4	9,9	0,1388	1,374	3,126	B'
2	0	2	1,2	0	2,4	0	0,2	2,4	2,4	0,0546	0,131	2,995	B
3	2,58	0	1,2	1	2,4	0	0,2	2,4	4,98	0,0546	0,272	5,303	C
4	2,9	0	1,2	1	2,4	0	0,2	2,4	5,3	0,0291	0,154	8,049	D
5	0,52	1	1,2	0	2,4	0	0,2	1,2	1,72	0,0517	0,089	8,480	E
6	5,48	1	1,2	0	2,4	0	0,2	1,2	6,68	0,0461	0,308	8,298	f
										P. min =	2,995		
										P. max =	8,480		

Fuente: Elaboración propia.

c) Dimensionamiento de tuberías para los ramales de agua fría.

Viscosidad a una temperatura de 20°C de  $\nu = 1,007 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s y el C. de rugosidad de la tubería de PVC  $k = 0,007$

Tabla 3.6. Dimensionamiento de tuberías para los ramales de agua fría.

AGUA FRIA "PLANTA ALTA BAÑO"																											
Tramo	UG	Q (l/s)	Diametro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios						Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)									
						N°	Te	N°	Codo	N°	Llave							5,303									
C-1	4,8	0,19	15	1,08	0,22	0	2,3	1	1,1	0	0,1	1,1	1,32	16015,59	0,016451	0,085299	0	5,218									
1-2	4,8	0,19	15	1,08	0,87	1	2,3	0	1,1	1	0,1	2,4	3,27	16015,59	0,016451	0,21131	0,3	4,706									
2-3	4	0,17	15	0,96	0,64	1	2,3	0	1,1	0	0,1	2,3	2,94	14329,74	0,016452	0,152101	0	4,554									
3-4	1,5	0,15	15	0,85	1,01	1	2,3	2	1,1	1	0,1	4,6	5,61	12643,89	0,016453	0,225975	1,76	2,568									
																V. min =	0,85							P. min =	2,568		
																V. max =	1,08									P. max =	5,218

AGUA FRIA "PLANTA BAJA BAÑO"																											
Tramo	UG	Q (l/s)	Diametro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios						Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)									
						N°	Te	N°	Codo	N°	Llave							8,049									
D-1	4,8	0,19	15	1,08	0,22	0	2,3	1	1,1	0	0,1	1,1	1,32	16015,59	0,016451	0,085299	0	7,964									
1-2	4,8	0,19	15	1,08	0,53	1	2,3	0	1,1	1	0,1	2,4	2,93	16015,59	0,016451	0,189339	0,3	7,474									
2-3	4	0,17	15	0,96	0,3	1	2,3	0	1,1	0	0,1	2,3	2,6	14329,74	0,016452	0,134511	0	7,640									
3-4	1,5	0,15	15	0,85	0,92	1	2,3	2	1,1	1	0,1	4,6	5,52	12643,89	0,016453	0,22235	1,76	5,657									
																V. min =	0,85								P. min =	5,657	
																V. max =	1,08									P. max =	7,964

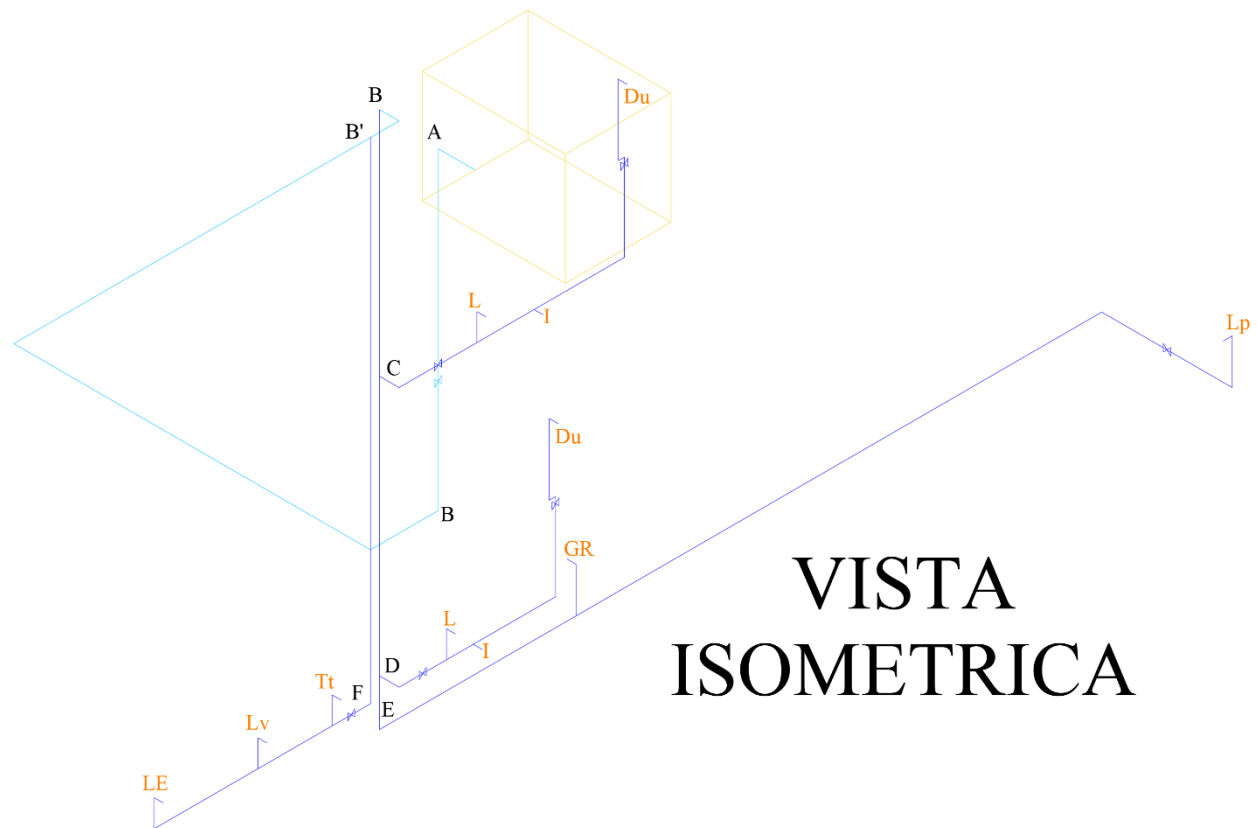
  

AGUA FRIA "PLANTA BAJA COCINA"																											
Tramo	UG	Q (l/s)	Diametro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios						Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)									
						N°	Te	N°	Codo	N°	Llave							8,480									
E-1	3,6	0,17	15	0,96	2,2	1	2,3	0	1,1	0	0,1	2,3	4,5	14329,74	0,016452	0,232808	0,5	7,747									
1-2	1,1	0,15	15	0,85	7,34	0	2,3	0	1,1	1	0,1	0,1	7,44	12643,89	0,016453	0,299689	0,5	6,948									
																V. min =	0,85									P. min =	6,948
																V. max =	0,96									P. max =	7,747

AGUA FRIA "PLANTA BAJA SERVICIO"																											
Tramo	UG	Q (l/s)	Diametro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios						Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)									
						N°	Te	N°	Codo	N°	Llave							8,298									
F-1	11,7	0,34	20	1,08	0,43	1	2,4	0	1,2	1	0,2	2,6	3,03	21494,61	0,015444	0,139676	0,3	7,858									
1-2	4,5	0,19	15	1,08	0,83	1	2,3	0	1,1	0	0,1	2,3	3,13	16015,59	0,016451	0,202263	0,3	7,356									
2-3	3	0,15	15	0,85	1,16	0	2,3	1	1,1	0	0,1	1,1	2,26	12643,89	0,016453	0,091035	0,3	7,265									
																V. min =	0,85									P. min =	7,265
																V. max =	1,08									P. max =	7,858

Fuente: Elaboración propia.



# VISTA ISOMETRICA

**Figura 3.12. Vista isométrica de la red ramificada de agua potable.**

**Fuente:** Elaboración Propia.

Los planos con medidas, vista en plata e isométrico del sistema de agua potable fría, caliente y montantes de la vivienda unifamiliar de dos plantas se encuentra en el ANEXO 1.



**d) Dimensionamiento de tuberías columnas o montantes principales de agua caliente.**

Se utilizará una viscosidad para una temperatura de 60°C de:  $\nu = 0,477 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  El coeficiente de rugosidad de la tubería de PVC es:  $k = 0,007 \text{ mm}$ .

**Tabla 3.7. Dimensionamiento de montantes “Agua Caliente”.**

AGUA CALIENTE																			
Tramo	UG	Q (l/s)	Diámetro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios						Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)	
						Nº	Te	Nº	Codo	Nº	Llave							7,858	
1-LV	1,5	0,15	15	0,85	1,33	1	2,3	1	1,1	0	0,1	3,4	4,73	26692,65	0,016448	0,190472	0,2	7,468	
1-2	5,7	0,22	20	0,70	0,46	2	2,4	0	1,2	0	0,1	4,8	5,26	29361,92	0,015442	0,101512	0	7,757	
2-3	2,3	0,15	15	0,85	0,32	0	2,3	1	1,1	1	0,1	1,2	1,52	26692,65	0,016448	0,061209	0,2	7,496	
3-DU	1,5	0,15	15	0,85	1,35	2	2,3	2	1,1	1	0,1	6,9	8,25	26692,65	0,016448	0,332219	1,46	5,703	
2-4	3,4	0,17	15	0,96	0,22	1	2,3	0	1,1	0	0,1	2,3	2,52	30251,67	0,016448	0,130338	0	7,626	
4-6	2,3	0,15	15	0,85	0	0	2,3	1	1,1	0	0,1	1,1	1,1	26692,65	0,016448	0,044296	2,9	4,682	
6-7	2,3	0,15	15	0,85	0,66	0	2,3	2	1,1	1	0,1	2,3	2,96	26692,65	0,016448	0,119196	0,2	4,363	
7-DU	1,5	0,15	15	0,85	1,78	2	2,3	2	1,1	1	0,1	6,9	8,68	26692,65	0,016448	0,349534	1,46	2,553	
4-5	1,1	0,15	15	0,85	0	0	2,3	1	1,1	0	0,1	1,1	1,1	26692,65	0,016448	0,044296	-0,8	8,382	
5-LP	1,1	0,15	15	0,85	9,4	0	2,3	2	1,1	1	0,1	2,3	11,7	26692,65	0,016448	0,471147	0,5	7,411	
				V. min =	0,70													P. min =	2,553
				V. max =	0,96													P. max =	8,382

Fuente: Elaboración propia.

**3.1.1.6. Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales**

Se diseñará el sistema de evacuación de aguas residuales para la vivienda unifamiliar, con la aplicación de tablas establecidas en el presente proyecto para el diseño de los ramales de descarga, ramales sanitarios, ramales de ventilación, bajantes sanitarias y columnas de ventilación; para el diseño de los colectores de alcantarillado sanitario que estarán en función de tramos donde el diámetro y pendiente será de acuerdo a las U.D.H. (unidades de Hunter).

**a) Diseño de los ramales de descarga.**

**Tabla 3.8. Diseño de ramales de descarga.**

N°	PISOS	LUGAR	N° DE ARTEFACTO	RAMAL	LONGITUD	ARTEFACTO	UDH	DN		P.min
								mm	pulg	i(%)
1	PA	BAÑO 2	1	Descarga	0,68	I	6	100	4	1
2			1	Descarga	1,76	L	2	40	1 1/2	2
3			1	Descarga	1,48	Du	2	40	1 1/2	2
4	PB	BAÑO 1	1	Descarga	0,54	I	6	100	4	1
5			1	Descarga	1,30	L	2	40	1 1/2	2
6			1	Descarga	0,98	Du	2	40	1 1/2	2
7	PB	SERVICIO	1	Descarga	0,76	Lv	3	40	1 1/2	2
8			1	Descarga	1,40	LE	3	50	2	2
9			1	Descarga	0,26	Lp	3	50	2	2

**Fuente:** Elaboración propia.

La ubicación de los ramales de descarga, los artefactos sanitarios que aportan al ramal y las longitudes fueron obtenidas de los planos de evacuación de aguas residuales.

**b) Diseño de los ramales sanitarios.**

**Tabla 3.9. Diseño de los ramales sanitarios.**

N°	PISO	Ts (N°)	RAMAL	L. Ramal (m)	N° de Artefactos Sanitario						UDH de Artefactos Sanitarios						UDH Acumulado	DN		P.min i (%)
					I	L	Du	Lv	Lp	LE	I	L	Du	Lv	Lp	LE		mm	pulg	
1	PA	Ts 4	Sanitario	0,98	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	50	2	2
2		Ts 5	Sanitario	1,14	1	1	1	0	0	0	6	2	2	0	0	0	10	100	4	1
3	PB	Ts 1	Sanitario	1,01	0	1	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	4	50	2	2
4		Ts 2	Sanitario	0,37	1	1	1	0	0	0	6	2	2	0	0	0	10	100	4	1
5		Ts 3	Sanitario	1,88	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	0	3	6	50	2	2
6		Ts 6	Sanitario	0,62	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	3	6	75	3	2

**Fuente:** Elaboración propia.

La ubicación de los ramales sanitarios, los artefactos sanitarios que aportan al ramal y las longitudes fueron obtenidas de los planos de evacuación de aguas residuales.

**c) Diseño de las bajantes sanitarias**

**Tabla 3.10. Diseño de bajantes sanitarias.**

N°	N° B.	PISO	Ubicación Bajante	L. Bajante (m)	N° de Artefactos Sanitario						UDH de Artefactos Sanitarios						UDH		DN	
					I	L	Du	Lv	Lp	LE	I	L	Du	Lv	Lp	LE	Acumulado	mm	plg	
1	B1	PA - PB	vertical	3,2	1	1	1	0	0	0	6	2	2	0	0	0	4	100	4	
2		PB - PB	horizontal	0,5	2	2	2	1	0	1	12	4	4	3	0	3	14	100	4	

Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de las bajantes sanitarias, los artefactos sanitarios que aportan la bajante y las longitudes fueron obtenidas de los planos de evacuación de aguas residuales.

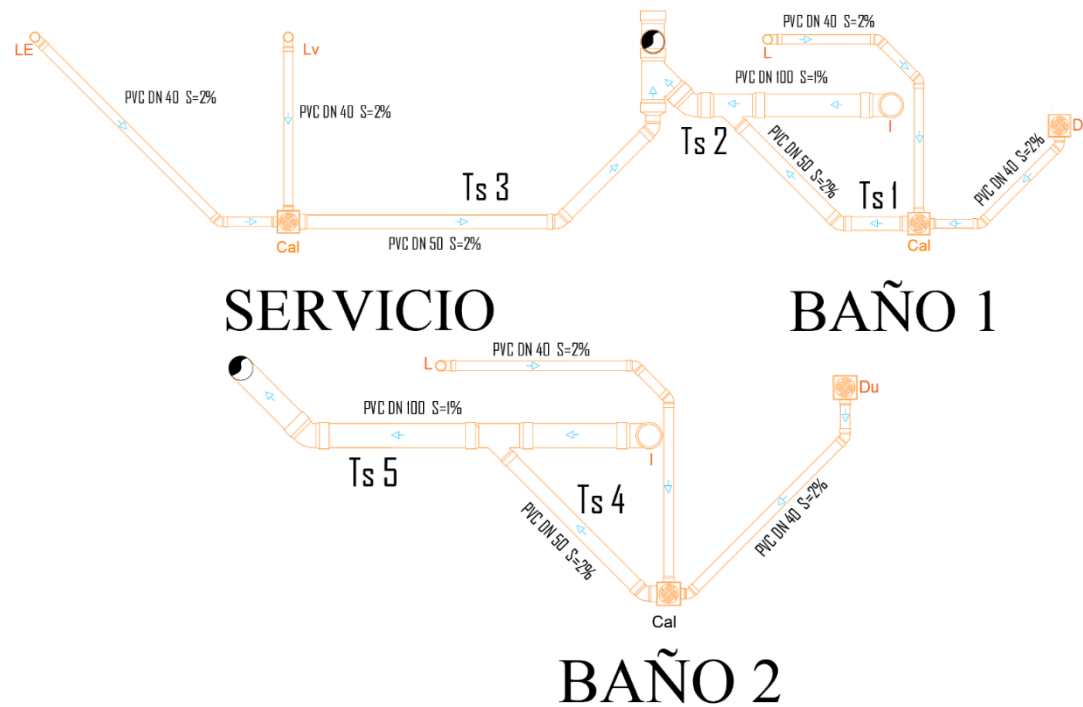
**d) Diseño del colector sanitario.**

**Tabla 3.11. Diseño del colector sanitario.**

N°	Tramo		N° Colector Sanitario	L. Colector (m)	N° de Artefactos por bajante						UDH						UDH		DN		P.min
	De	A			I	L	Du	Lv	Lp	LE	I	L	Du	Lv	Lp	LE	Acumulado	mm	plg	i (%)	
1	C.I 4	C.I 3	C1	9	2	2	2	1	0	1	12	4	4	3	0	3	26	100	4	1	
2	C.I 3	C.I 2	C2	1	2	2	2	1	0	1	12	4	4	3	0	3	26	100	4	1	
3	C.I 2	C.I 1	C3	14	2	2	2	1	1	1	12	4	4	3	3	3	29	100	4	1	
4	C.I 1	C	C4	2	2	2	2	1	1	1	12	4	4	3	3	3	29	100	4	1	

Fuente: Elaboración propia.

La ubicación de las cámaras, colectores y longitudes fueron obtenidos del plano de evacuación de aguas residuales.



**Figura 3.13. Sistema de evacuación de aguas residuales vivienda unifamiliar.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano del sistema de evacuación de aguas residuales completo con medidas se encuentra en el ANEXO 1.

**e) Diseño de ventilación.**

Para el diseño de la ventilación para la vivienda unifamiliar de dos plantas se utilizará una ventilación primaria. Esta ventilación se logra a través de la prolongación de la bajante sanitaria hasta su contacto con la atmosfera.

### **3.2. Selección de instrumentos y recursos de hidrosanitaria.**

#### **3.2.1. Tubería y accesorio para agua potable.**

- ❖ Se utilizará tubería de PVC para el sistema de abastecimiento de agua fría con unión a rosca.
- ❖ Para el sistema de abastecimiento de agua caliente se usará tuberías de PP-R con unión a rosca.
- ❖ Los accesorios empleados para el sistema de abastecimiento de agua potable serán de polipropileno a rosca.
- ❖ Para prototipo de baño se usará tuberías y accesorios de polipropileno “PP-R” con unión a termo fusión.

#### **3.2.2. Tubería y accesorio para evacuación de aguas residuales.**

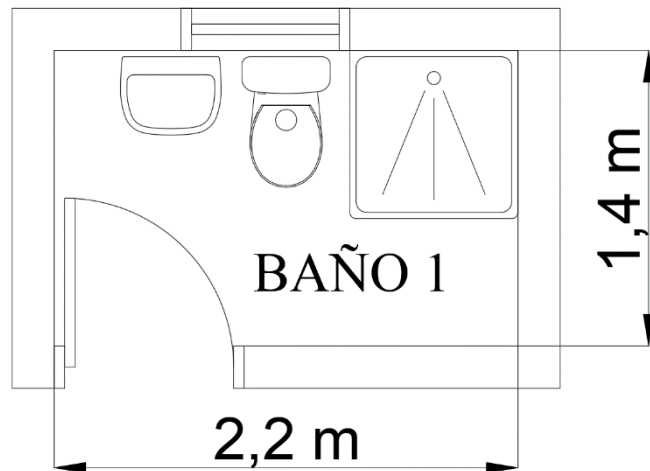
El tipo de tubería y accesorio que se utilizará en el sistema de evacuación de aguas residuales será de PVC por ser un material liviano y fácil de trabajar, es el material más utilizado en el mercado por sus excelentes propiedades.

#### **3.2.3. Estructura de soporte.**

- ❖ Se empleará tubo rectangular de acero para tener una buena resistencia.
- ❖ Para los muros se usará placas de PVC (las que se utilizan para los cielos falsos) por ser un material liviano e impermeable.
- ❖ Para que el módulo sea móvil se soldaran ruedas de metal en cada esquina de la estructura de metal.

### **3.3. Diseño del módulo hidrosanitario.**

El diseño del módulo hidrosanitario se lo realizo tomando en cuenta las dimensiones del baño 1 del plano arquitectonico de la vivienda unifamiliar, ver figura 3.14.



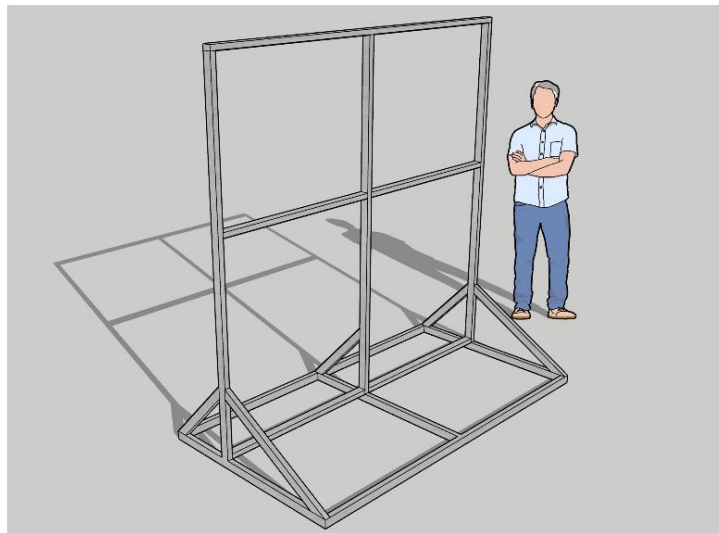
**Figura 3.14. Baño domiciliario lateral.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano arquitectónico completo de la vivienda unifamiliar de dos plantas se encuentra en el ANEXO 1.

### **3.3.1. Estructura de metal.**

El diseño de la estructura de metal se realizó en base a las dimensiones del “baño 1” de la vivienda unifamiliar, ver figura 3.15.



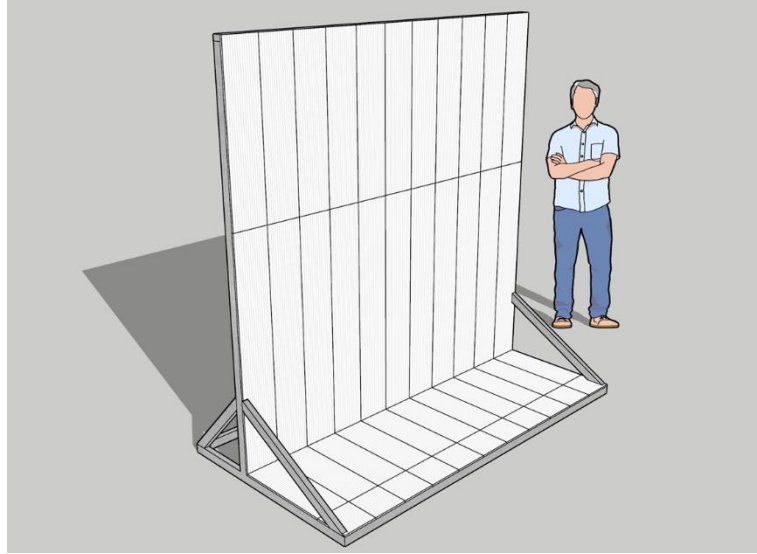
**Figura 3.15. Estructura de metal. Vista 3D.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano de la estructura con dimensiones y detalles se encuentran en el ANEXO 1.

### 3.3.2. Muro con placas PVC.

Se utilizaron placas de PVC para ensamblarlas a la estructura de metal, se colocaron en las dos caras y la base de la estructura, ver figura 3.16.



**Figura 3.16. Muro con placas PVC. Vista 3D.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano con dimensiones y detalles de corte de las placas PVC se encuentran en el ANEXO 1.

### 3.3.3. Red de agua potable del módulo hidrosanitario.

Para calcular el diámetro de las tuberías del módulo hidrosanitario se utilizará la tabla 2,5 de diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios.

**Tabla 3.12. Diámetro de tuberías de agua “Baño 1”.**

ARTEFACTO SANITARIO	DN agua fría	DN agua caliente
	mm	mm
Lavamanos o lavatorio	15	15
Ducha individual	15	15
Inodoro, tanque de gravedad 6L	15	

**Fuente:** Elaboración propia.

De la se tiene que el diámetro para todo el sistema de agua para el módulo hidrosanitario será de 15mm.

Para comprobar si el diámetro de 15mm es el adecuado también se realizó el diceño completo de una vivienda unifamiliar de dos plantas el método probabilístico de Hunter que se encuentra en el punto “3.1.1.5. Dimensionamiento de tuberías columnas o montantes principales de agua fría”.

**Tabla 3.13. Diámetros de tuberías de agua “Método Hunter”.**

AGUA FRÍA "PLANTA BAJA BAÑO 1"											
Tramo	UG	Q (l/s)	Diámetro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios					
						Nº	Te	Nº	Codo	Nº	Llave
D-1	4,8	0,19	15	1,075	0,22	0	2,3	1	1,1	0	0,1
1-2	4,8	0,19	15	1,075	0,53	1	2,3	0	1,1	1	0,1
2-3	4	0,17	15	0,962	0,3	1	2,3	0	1,1	0	0,1
3-4	1,5	0,15	15	0,849	0,92	1	2,3	2	1,1	1	0,1
				V. min =	0,85						
				V. max =	1,08						

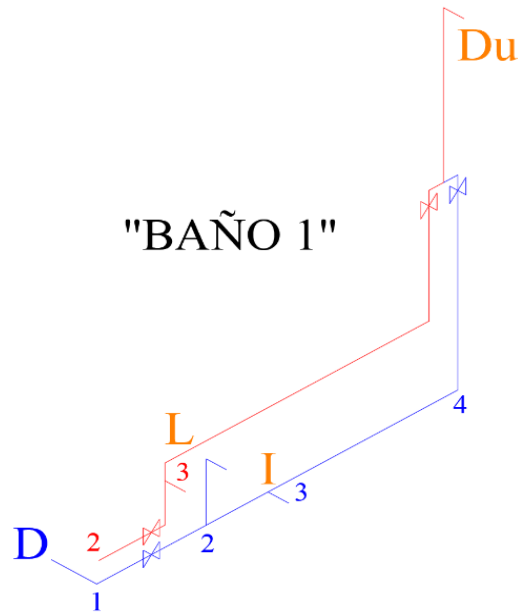
AGUA FRÍA "PLANTA BAJA BAÑO 1"							
Tramo	Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)
							<b>8,049</b>
D-1	1,1	1,32	16015,59176	0,016451305	0,085299488	0	7,964
1-2	2,4	2,93	16015,59176	0,016451305	0,189339015	0,3	7,474
2-3	2,3	2,6	14329,73999	0,016452144	0,134511253	0	7,640
3-4	4,6	5,52	12643,88823	0,016453193	0,222349796	1,76	5,657
							P. min = 5,657
							P. max = 7,964

AGUA CALIENTE "PLANTA BAJA BAÑO 1"											
Tramo	UG	Q (l/s)	Diámetro (mm)	v tramo (m/s)	L tramo (m)	Accesorios					
						Nº	Te	Nº	Codo	Nº	Llave
2-3	2,3	0,15	15	0,849	0,32	0	2,3	1	1,1	1	0,1
3-DU	1,5	0,15	15	0,849	1,35	2	2,3	2	1,1	1	0,1
				V. min =	0,85						
				V. max =	0,85						

AGUA CALIENTE "PLANTA BAJA BAÑO 1"							
Tramo	Leq	L total	Re	f	hf	Hgeom	Presión (mca)
							<b>7,757</b>
2-3	1,2	1,52	26692,65293	0,01644837	0,061208806	0,2	7,496
3-DU	6,9	8,25	26692,65293	0,01644837	0,332218847	1,46	5,703
							P. min = 5,703
							P. max = 7,757

Fuente: Elaboración propia.



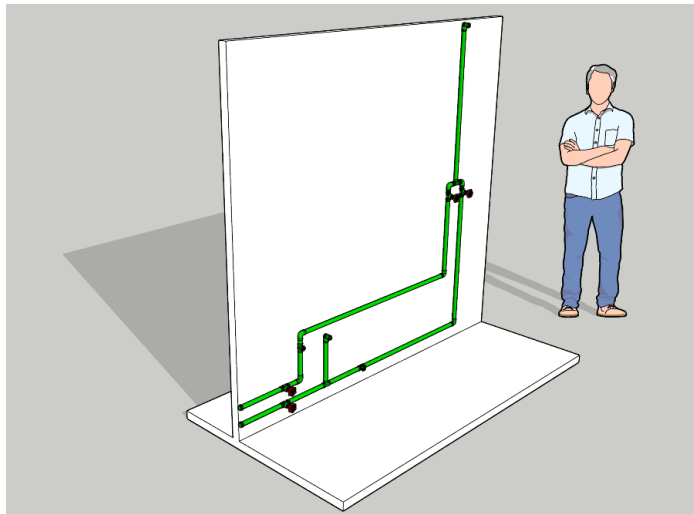


**Figura 3.17. Diseño isométrico de tuberías de agua “Baño 1”.**

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.3.3.1. Planos de la instalación de agua potable.

Teniendo calculado todos los diámetros del sistema de agua potable se realizará los planos, ver figura 18.



**Figura 3.18. Vista 3D de sistema de agua potable “Baño 1”.**

**Fuente:** Elaboración propia.

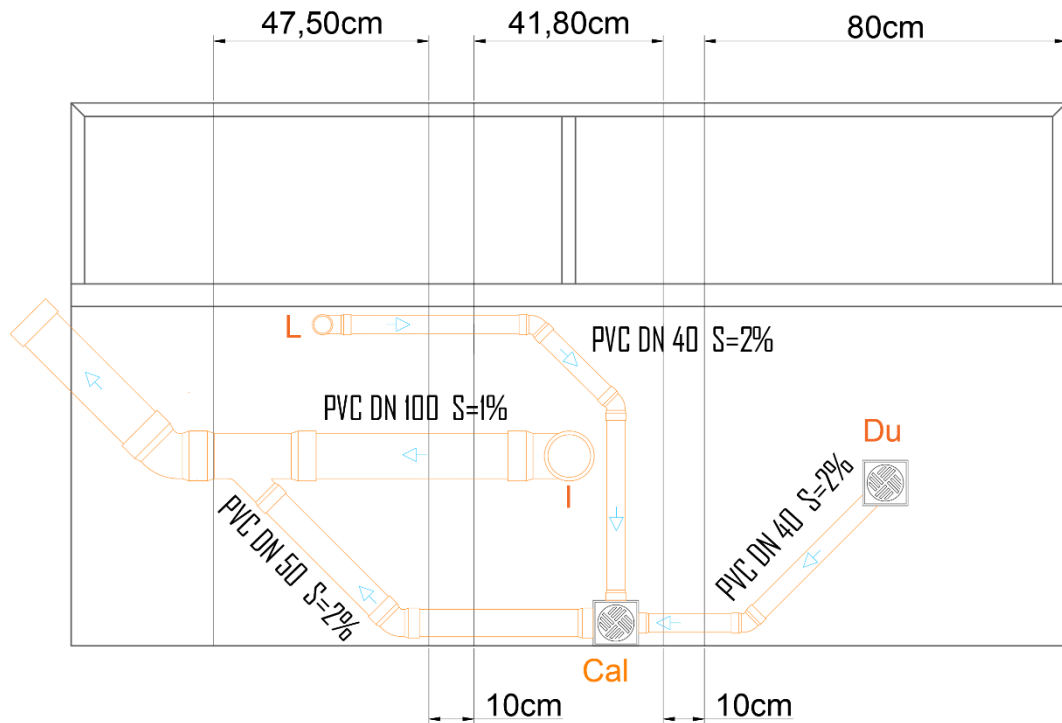
El plano con dimensiones y diámetros de la tubería de agua potable se encuentran en el ANEXO 1.

### 3.3.4. Cálculo de la tubería de evacuación de aguas residuales.

El cálculo completo de todo el sistema de evacuación de aguas residuales se encuentra en el punto “ 3.1.1.6. Diseño del sistema de evacuación de aguas residuales”.

#### 3.3.4.1. Plano del sistema de evacuación de aguas residuales.

Teniendo calculo todos los diámetros de las tuberías del sistema de evacuación de aguas residuales se realizará los planos, ver figura 3.19.



**Figura 3.19. Sistema de evacuación de aguas residuales “Baño 1”.**

**Fuente:** Elaboración propia.

El plano completo con detalles y medidas se encontrarán en el ANEXO 1

### 3.3.5. Sistema de abastecimiento indirecto con una distribución ramificada.

El croquis de todo el sistema de abastecimiento de agua se realizó de acuerdo al plano de la vivienda unifamiliar de dos plantas donde se realizó el dimensionamiento de todo el sistema de agua potable fría y caliente, para el cálculo del diámetro de las tuberías se lo realizo con el método Hunter.

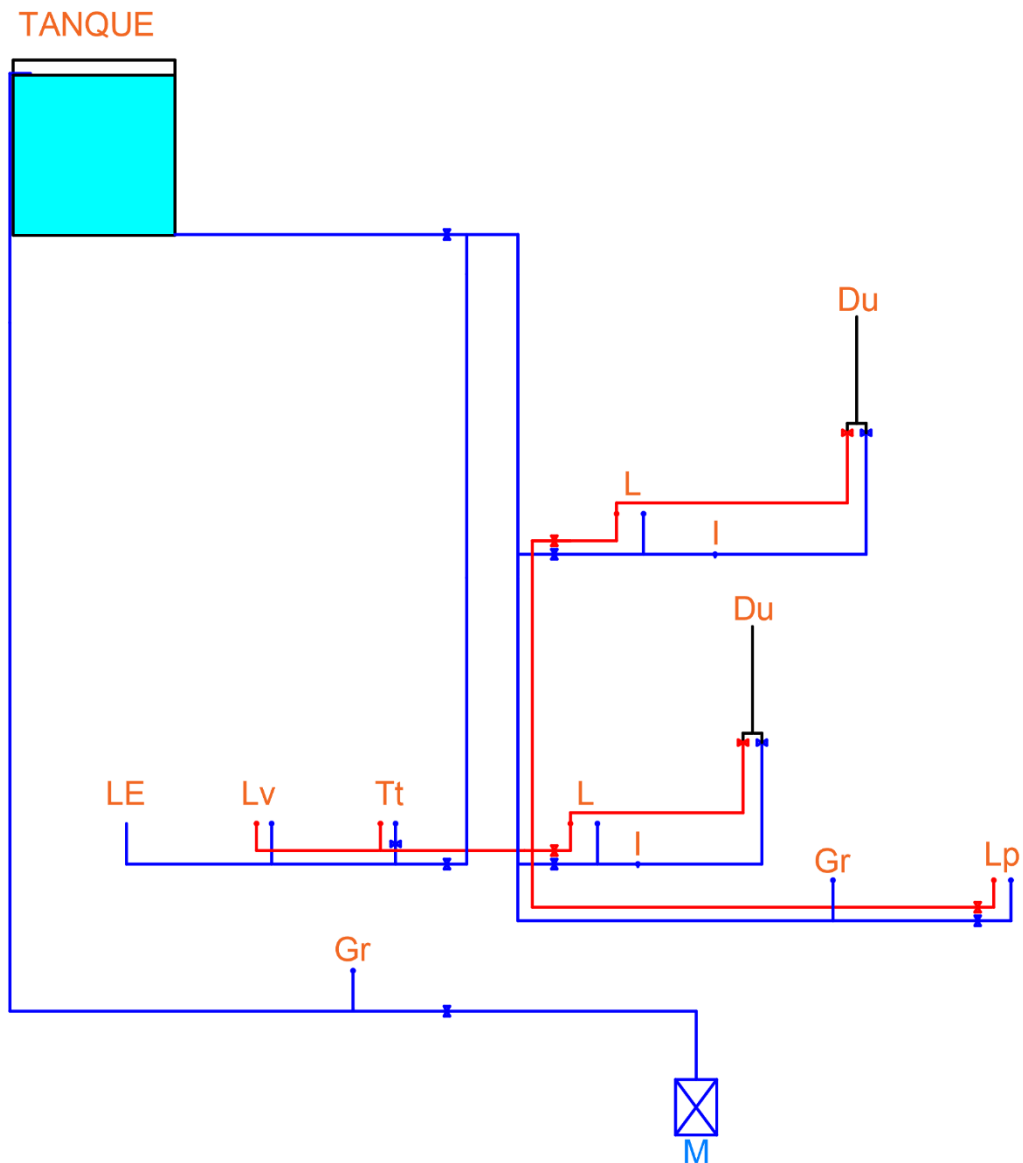


Figura 3.20. Croquis del Sistema de abastecimiento indirecto.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.6. Sistema de evacuación de aguas residuales.

El croquis de todo el sistema de evacuación se realizó de acuerdo al plano de la vivienda unifamiliar de dos plantas donde se realizó el dimensionamiento de todo el sistema tomando en cuenta el RENISDA.

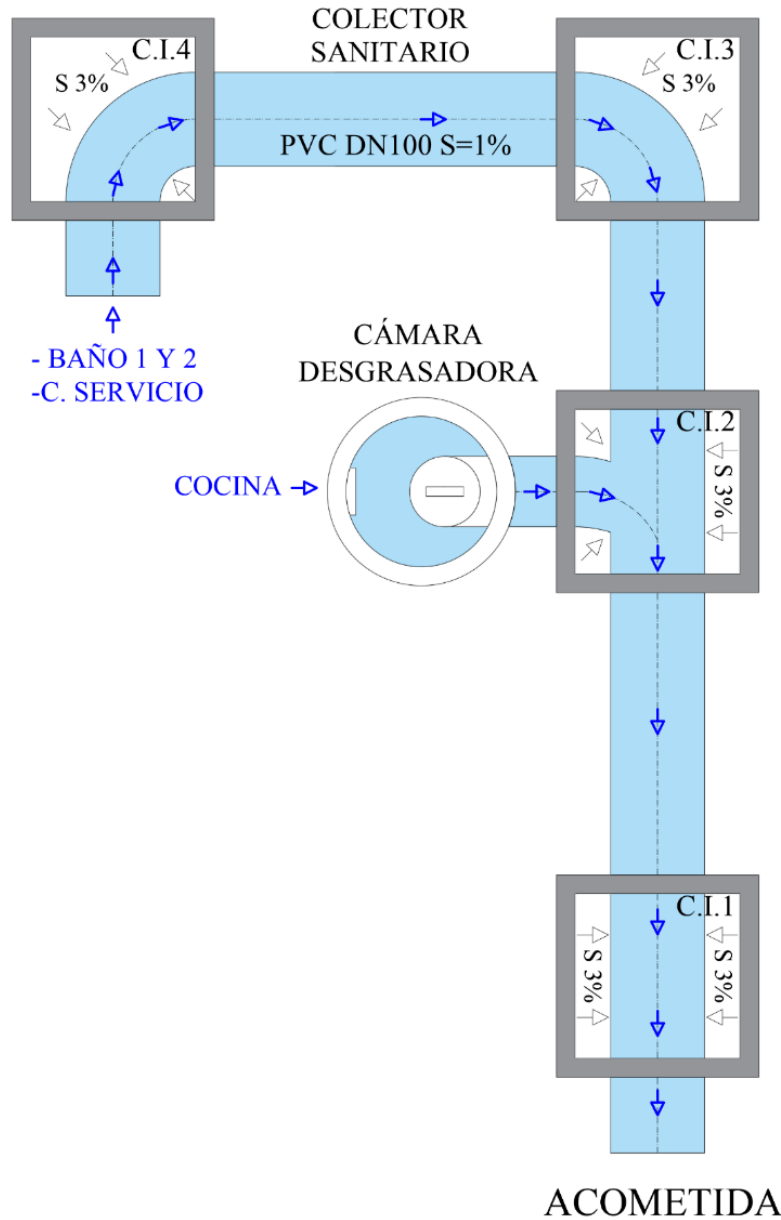


Figura 3.21. Croquis del sistema de evacuación de aguas residuales.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4. Cómputos métricos y presupuesto.

Teniendo el diseño final del módulo hidrosanitario se procedió a realizar los cómputos métricos y precios unitarios de cada ítem para obtener el presupuesto general del módulo hidrosanitario.

#### 3.4.1. Presupuesto del proyecto

**Tabla 3.14. Cómputos métricos.**

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO HIDROSANITARIO			
ITEM Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	PROV. Y ARMADO DE ESTRUCTURA DE METAL	Glb	1,00
2	PROV. Y COLOCADO DE RUEDAS METALICAS	Glb	1,00
3	PINTURA ANTICORROSIVA PARA LA ESTRUCTURA	Glb	1,00
4	PROV. Y COLOCADO DE PLACAS PVC	Glb	1,00
5	PINTADO DE PLACAS PVC	Glb	1,00
6	PROV. Y COLOCADO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE	Glb	1,00
7	PROV. Y COLOCADO DE TUBERIA DE DRENAJE	Glb	1,00
8	PROV. E INSTALADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	Glb	1,00
9	PROV. Y COLOCADO DEL SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES	Glb	1,00
10	PROVICION DE BOMBA MANUAL PARA PRUEBA HIDRAULICA	PZA	1,00

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 3.15. Presupuesto general.**

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO HIDROSANITARIO					
ITEM Nº	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. U. Total	COSTO P/ITEM
1	PROV. Y ARMADO DE ESTRUCTURA DE METAL	Glb	1,00	1047,30	1047,30
2	PROV. Y COLOCADO DE RUEDAS METALICAS	Glb	1,00	210,75	210,75
3	PINTURA ANTICORROSIVA PARA LA ESTRUCTURA	Glb	1,00	166,87	166,87
4	PROV. Y COLOCADO DE PLACAS PVC	Glb	1,00	1361,55	1361,55
5	PINTADO DE PLACAS PVC	Glb	1,00	118,33	118,33
6	PROV. Y COLOCADO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE	Glb	1,00	728,89	728,89
7	PROV. Y COLOCADO DE TUBERIA DE DRENAJE	Glb	1,00	277,93	277,93
8	PROV. E INSTALADO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA	Glb	1,00	267,27	267,27
9	PROV. Y COLOCADO DEL SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES	Glb	1,00	114,59	114,59
10	PROVICION DE BOMBA MANUAL PARA PRUEBA HIDRAULICA	PZA	1,00	850,00	850,00
PRESUPUESTO TOTAL					
COSTO TOTAL (Bs.) =			5143,48		
COSTO TOTAL (\$us.) =			739,01		

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4.2. Análisis de precios unitarios.

Tabla 3.16. Análisis de precio unitario.

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO					
<b>DATOS GENERALES</b>					
<b>PROYECTO :</b>	CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO HIDROSANITARIO				
<b>ACTIVIDAD :</b>	PROV. Y ARMADO DE ESTRUCTURA DE METAL				
<b>CANTIDAD :</b>	1,00				
<b>UNIDAD :</b>	Glb				
<b>MONEDA :</b>	Bs.				
<b>1.- MATERIALES</b>					
	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Productivo</b>	<b>Costo Total</b>
1	TUBO RECTANGULAR 30x50x1,20 6M	PZA	4,00	98,00	392,00
2	DISCO DE CORTE 4. 1/2"	PZA	1,00	5,00	5,00
3	ELECTRODO 6013-2,50MM	KG	0,85	27,00	22,95
<b>TOTAL MATERIALES =</b>					<b>419,95</b>
<b>2.- MANO DE OBRA</b>					
	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Productivo</b>	<b>Costo Total</b>
1	ESPECIALISTA METALURGICO	HR	8,00	20,50	164,00
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA =</b>					<b>164,00</b>
CARGOS SOCIALES = (% DE SUBTOTAL DE MANO DE OBRA)(55% AL 71.18%)				55,00%	90,2
SOCIALES)(14.94%)				14,94%	37,98
<b>TOTAL MANO DE OBRA =</b>					<b>292,18</b>
<b>3.- EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS</b>					
	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Productivo</b>	<b>Costo Total</b>
1	ARCO SOLDADOR	HR	8,00	15,00	120,00
HERRAMIENTAS =(% DEL TOTAL DE MANO DE OBRA)				5,00%	8,20
<b>TOTAL EQUIPO, MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS =</b>					<b>128,20</b>
<b>4.- GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS</b>					
					<b>Costo Total</b>
GASTOS GENERALES =%DE 1+2+3				10,00%	84,03
<b>TOTAL GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS =</b>					<b>84,03</b>
<b>5.- UTILIDAD</b>					
					<b>Costo Total</b>
UTILIDAD =% 1+2+3+4				10,00%	92,44
<b>TOTAL UTILIDAD =</b>					<b>92,44</b>
<b>6.- IMPUESTOS</b>					
					<b>Costo Total</b>
IMPUESTOS IT = % DE 1+2+3+4+5(3.09%)				3,00%	30,50
<b>TOTAL IMPUESTOS =</b>					<b>30,50</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO 1+2+3+4+5+6 (Bs.)=</b>					<b>1047,30</b>
<b>TOTAL PRECIO UNITARIO ADOPTADO (Con dos (2) decimas)=</b>					<b>1047,30</b>

Fuente: Elaboración propia.

Los precios unitarios de cada ítem estarán en el (ANEXO 2).

### 3.5. Construcción del módulo hidrosanitario.

El proceso de construcción empezó con la compra de todos los materiales de acuerdo a todo lo necesario a cada ítem y proceder con la ejecución de cada ítem.

#### 3.5.1. Construcción de la estructura de metal.

La construcción se realizó según los planos.



**Figura 3.22. Construcción de estructura de metal.**

Fuente: Elaboración propia.

#### 3.5.2. Colocado de placas PVC en la estructura de metal.

Se colocaron placas de PVC como muro de la estructura de metal.



**Figura 3.23. Colocado de placas PVC en la estructura de metal.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.3. Instalación de tuberías del baño domiciliario.

Para la instalación de las tuberías de agua potable se usó tuberías y accesorios de PP-R unidas por termofusión.



**Figura 3.24. Instalación de las tuberías del baño.**

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.4. Construcción de la estructura de metal para el sistema de evacuación de aguas residuales.

Se realizó una estructura base para soportar las tuberías de la instalación del sistema de evacuación de aguas residuales.



**Figura 3.25. Estructura de soporte para sistema de aguas residuales.**

Fuente: Elaboración propia.



### 3.5.5. Instalación del sistema de evacuación de aguas residuales.

El tipo de tubería y accesorio que se utilizará en el sistema de evacuación de aguas residuales será de PVC por ser un material liviano y fácil de trabajar



Figura 3.26. Instalación del sistema de evacuación de aguas residuales “Baño 1”.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.6. Construcción de los croquis de instalaciones hidrosanitarias.

Se realizaron los croquis de los sistemas de acuerdo a los planos de la vivienda unifamiliar calculada.



Figura 3.27. Croquis de instalaciones hidrosanitarias domiciliarias.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.7. Tableros de tubería y accesorios de las instalaciones hidrosanitarias.

Se realizaron tableros donde se colocó los diferentes tipos de tuberías y accesorios que se tiene en el mercado para las instalaciones sanitarias domiciliarias.



Figura 3.28. Tableros de tuberías y accesorios de instalaciones hidrosanitarias.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.8. Ensamblado de todos los componentes en la estructura de metal.



**Figura 3.29. Modulo Hidrosanitario.**

**Fuente:** Elaboración propia.

Todo el proceso de construcción detallado del módulo hidrosanitario se encuentra en el ANEXO 3.

### **3.6. Manual de prácticas.**

Este manual tiene como propósito principal fortalecer los conocimientos teóricos y prácticos en el ámbito de las instalaciones hidrosanitarias.

El manual de prácticas estará enfocado en desarrollar temas que son de mucha importancia en las instalaciones domiciliarias de agua potable y evacuación de aguas residuales, por lo tanto, las practicas a realizarse son:

- ❖ Práctica 1: instalaciones domiciliarias de agua potable.
- ❖ Práctica 2: pruebas e inspecciones técnicas en instalaciones domiciliarias de agua potable.
- ❖ Práctica 3: instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales.
- ❖ Práctica 4: pruebas e inspección técnica en instalaciones domiciliarias de aguas residuales.

#### **3.6.1. Práctica 1: instalaciones domiciliarias de agua potable.**

##### **3.6.1.1. Objetivos.**

- ❖ Identificar los principios de los sistemas domiciliarios de abastecimiento de agua. Conocer los tipos de sistemas de distribución de agua.
- ❖ Conocer las características y aplicaciones de las tuberías y accesorios de agua en una instalación domiciliar de agua potable.
- ❖ Dimensionamiento de las redes de distribución de agua potable de una vivienda.

##### **3.6.1.2. Descripción de la práctica.**

###### **Parte 1: Sistema domiciliario de agua potable.**

En primera instancia se podrá apreciar e identificar: las partes, el tipo de sistema de abastecimiento y el sistema de distribución de una instalación de agua potable.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario un panel, donde se tiene un croquis completo de una instalación domiciliar de agua, en el cual se puede apreciar con elementos reales las distintas partes y accesorios que componen una conexión domiciliar de agua potable.

## **Parte 2: Tuberías y accesorios para instalaciones de agua.**

En la segunda parte se podrá apreciar e identificar: los tipos de tubería y los distintos accesorios que se utilizan en una instalación domiciliaria de agua potable.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario tableros donde se podrá apreciar con elementos reales las distintas tuberías que se tiene en el mercado, como también los accesorios con sus respectivas simbologías que se emplean en una instalación de agua.

## **Parte 3: Instalación de agua potable**

Para poder englobar todo lo visto anteriormente se podrá apreciar un modelo de baño domiciliar a escala real.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario una instalación de agua potable de un baño domiciliar con una conexión a termo fusión.

### **3.6.2. Práctica 2: Pruebas e inspecciones técnicas en instalaciones domiciliarias de agua potable.**

#### **3.6.2.1. Objetivos.**

- ❖ Conocer la importancia que tiene, hacer la prueba hidráulica en las instalaciones sanitarias de agua domiciliarias.
- ❖ Promover la ejecución de la prueba hidráulica en todas las instalaciones sanitarias a los maestros de obras, operarios, oficiales y profesionales que ejecutan las obras.
- ❖ Realizar la prueba de presión hidráulica en el módulo hidrosanitario.

#### **3.6.2.2. Descripción de la práctica.**

El objetivo de esta práctica es realizar la prueba de presión hidráulica a una conexión de agua potable.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario una instalación de agua potable para un baño domiciliar con una conexión a termo fusión donde se podrá hacer la prueba de presión hidráulica para los sistemas de agua fría y caliente.

También se deberá llenar el protocolo de prueba de presión hidráulica donde se indicará.

### **3.6.3. Práctica 3: instalaciones domiciliarias de evacuación de aguas residuales.**

#### **3.6.3.1. Objetivo.**

- ❖ Conocer e identificar las partes y funciones de una instalación de evacuación de aguas residuales.
- ❖ Conocer e identificar las características y aplicaciones de las tuberías y accesorios empleados en una instalación de evacuación de aguas residuales.
- ❖ Dimensionamiento del sistema de evacuación de aguas residuales para una vivienda.

#### **3.6.3.2. Descripción de la práctica.**

##### **Parte 1: Sistema domiciliario de evacuación de aguas residuales.**

En primera instancia se podrá apreciar e identificar las partes que componen un sistema de evacuación de aguas residuales.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario un panel, donde se tiene un croquis en el cual se puede apreciar con elementos reales las distintas partes y accesorios que componen una conexión domiciliaria de evacuación de aguas residuales.

##### **Parte 2: Tuberías y accesorios para instalaciones de drenaje.**

En la segunda parte se podrá apreciar e identificar: los tipos de tubería y los distintos accesorios que se utilizan en una instalación.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario tableros donde se podrá apreciar con elementos reales los distintos diámetros de tuberías que se tiene en el mercado, como también los accesorios con sus respectivas simbologías que se emplean en una instalación.

### **Parte 3: Instalación de agua potable**

Para poder englobar todo lo visto anteriormente se podrá apreciar un modelo de baño domiciliario a escala real.

Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario una instalación de evacuación de aguas residuales con todas las partes que componen un sistema completo.

#### **3.6.4. Práctica 4: pruebas e inspección técnica en instalaciones domiciliarias de aguas residuales.**

##### **3.6.4.1. Objetivos.**

- ❖ Conocer la importancia que tiene, hacer la prueba hidráulica en las instalaciones sanitarias de aguas residuales.
- ❖ Promover la ejecución de la prueba hidráulica en todas las instalaciones sanitarias a los maestros de obras, operarios, oficiales y profesionales que ejecutan las obras.
- ❖ Realizar la prueba de estanqueidad en el módulo hidrosanitario.

##### **3.6.4.2. Descripción de la práctica.**

El objetivo de esta práctica es realizar una inspección técnica y la prueba de estanqueidad a un sistema de evacuación de aguas residuales. Para eso se tiene construido en el módulo hidrosanitario un baño domiciliario a escala real.

También se deberá llenar el protocolo de prueba de estanqueidad donde se indicará si la prueba ha sido satisfactorias o negativa.

**El manual completo con los objetivos de cada práctica, fundamento teórico, materiales, descripción de la práctica y procedimientos estará ubicado en él (ANEXO 4).**

## CAPITULO 4

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Conclusiones.

Una vez finalizado el proyecto de implementación de un módulo hidrosanitario se llegó a las siguientes conclusiones:

- ❖ Se realizaron consultas bibliográficas en libros, manuales técnicos, reglamentos y publicaciones enfocados en el ámbito de las instalaciones domiciliarias, para lograr la aprehensión y producción de conocimientos válidos y confiables.
- ❖ Se realizó el diseño y calculo hidrosanitario para una vivienda unifamiliar de dos plantas aplicando el método Hunter, basándose en el reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias.
- ❖ Se logró construir, con pocos recursos, un módulo novedoso de fundamentos de hidrosanitaria, el cual contiene elementos reales para el aprendizaje de fundamentos y pruebas hidráulicas en instalaciones sanitarios domiciliarias.
- ❖ Se realizó pruebas en el módulo y se verifico que toda la instalación es adecuada para las practicas propuestas.
- ❖ Los precios unitarios se los efectúo tomando en cuenta los costos directos e indirectos.
- ❖ Se utilizaron los 2 tipos de tuberías que existen en el mercado con unión a rosca y termo fusión para las instalaciones de agua potable.
- ❖ Los accesorios para los tableros se obtuvieron mediante la consulta a las diferentes tiendas y ferreterías que tiene accesorios defectuosos y obtenerlas a bajo precio.
- ❖ Se pudo concluir que con la creación de este módulo hidrosanitario brindaría a los estudiantes una forma didáctica y visual de aprender los temas a los que se enfocó.



#### **4.2. Recomendaciones.**

Las recomendaciones más importantes se mencionan a continuación:

- ❖ Se recomienda que se utilicen adecuadamente el módulo con orientación del docente para evitar manipulación errónea que pueda dañar el módulo.
- ❖ Para realizar la prueba hidráulica se recomienda purgar el aire por el punto más alto antes de colocar los tapones.
- ❖ Ajustar bien los tapones con cinta teflón para no tener variación de presión en la prueba de presión hidráulica
- ❖ Utilizar agua limpia para el uso de la bomba de presión hidráulica manual.

Complementar el tablero donde se tiene los croquis de las instalaciones sanitarias con la acometida de cada sistema con elementos reales ya que no se pudo obtener dichos accesorios y tuberías para el módulo hidrosanitario.