

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño del Sistema Hidrosanitario de La Galería
Proyecto Técnico**

Santiago José Bolaños Salgado

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, 11 de mayo de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Diseño del Sistema Hidrosanitario de La Galería

Santiago José Bolaños Salgado

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico:

Sixto Durán-Ballén, Ph.D.

Firma del profesor:

Quito, 11 de mayo de 2018

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Santiago José Bolaños Salgado

Código:

00107738

Cédula de Identidad:

1714487970

Lugar y fecha:

Quito, 11 de mayo de 2018

RESUMEN

La Galería es un proyecto ubicado en la ciudad de Quito, en el parque La Carolina, en la Fundación Mundo Juvenil. Esta construcción requiere del diseño del sistema hidrosanitario que comprende el sistema de distribución de agua potable y el sistema de desagüe de aguas servidas. La Galería se caracteriza por tener una apariencia atractiva y artística lo que representa para el diseño un reto para buscar soluciones prácticas y rentables. El diseño para este proyecto debe cumplir con las especificaciones técnicas y estéticas especificadas por el cliente. Para este esbozo es de gran importancia tomar en cuenta los lineamientos especificadas por la NEC 11 – capítulo 16 y la NTC1500. Este bosquejo también toma en cuenta la disponibilidad de materiales en el mercado local ya que se espera implementar en un futuro. Para el diseño se empleó el método de factor de simultaneidad, junto con el software CivilCAD para el trazado de rutas de tuberías. En el presente trabajo se realiza el trazado de la red de tuberías para la distribución de agua potable y red de tuberías de desagüe, se calculan los diámetros de las tuberías, se cuantifican los caudales y velocidades de flujo con el motivo de poder suplir de servicios básicos al proyecto y que se cumplan con los requisitos mínimos de sanidad.

Palabras clave: diseño hidrosanitario, método de factor de simultaneidad, NEC, NTC1500

ABSTRACT

La Galería is a project located in the city of Quito, in La Carolina Park, in the Mundo Juvenil Foundation. This construction requires the design of the hydro-sanitary system that includes the potable water distribution system and the wastewater drainage system. La Galería is characterized by an attractive and artistic appearance, which represents a challenge for the design to find practical and profitable solutions. The design for this project must comply with the technical and aesthetic specifications specified by the client. For this outline, it is very important to take into account the guidelines specified by NEC 11 - Chapter 16 and NTC1500. This outline also takes into account the availability of materials in the local market as it is expected to be implemented in the future. For the design, the simultaneity factor method was used, together with the CivilCAD software for the routing of pipelines. In the present work, the pipeline network is drawn up for the distribution of potable water and the network of drainage pipes, the diameters of the pipes are calculated, the flow rates are quantified with the purpose of supplying the basic services to the project and the minimum health requirements.

Key words: hydrosanitary design, simultaneity factor method, NEC, NTC1500,

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
Antecedentes	9
Descripción del proyecto	10
Objetivos	15
Objetivos generales.....	15
Objetivos específicos.	15
Alcance	16
BASES DE DISEÑO	17
Revisión de conceptos	17
Normativas	19
Consideraciones	20
Sistema de distribución de agua potable.	20
Sistema de desagüe.	21
DISEÑO HIDROSANITARIO	22
Diseño del sistema de distribución de agua potable.	22
Diseño del sistema de desagüe sanitario.	29
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES	35
Conexiones agua fría	35
Válvulas	35
Anclajes	36
Tubería PVC	36
Instalación de aparatos sanitarios	37
Recomendaciones	40
CONCLUSIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXO A: Tablas empleadas para el diseño	43
ANEXO B: Especificaciones técnicas de tubería PVC de Plastigama	45
ANEXO C: Iteraciones del ángulo teta para la obtención de la altura crítica	46
ANEXO D: Iteraciones del ángulo teta para la obtención de la altura normal	47
ANEXO E: Memoria Fotográfica	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características geométricas de la sección circular de canales	18
Tabla 2: Cálculo de caudal máximo probable y velocidad real por el método del factor de simultaneidad.	26
Tabla 3: Características de la red hasta el aparato más desfavorable.	27
Tabla 4: Cálculo de pérdidas de energía por fricción.	28
Tabla 5: Cálculo de pérdidas de energía por accesorios.	29
Tabla 6: Energía total perdida.	29
Tabla 7: Cálculo de caudales, diámetros, alturas normal y crítica de la red.	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fachada 1 de la plaza de La Galería.....	11
Figura 2: Fachada 2 de la plaza de La Galería.....	11
Figura 3: Instalaciones ya existentes.....	12
Figura 4: Construcción de cisterna y cuarto de máquinas	12
Figura 5 : Container en etapa de refuerzo.	13
Figura 6: Vista en planta de la red de agua potable del 2do piso de La Galería.....	23
Figura 7: Vista en planta de la red de agua potable del 1er piso de La Galería.....	24
Figura 8: Vista en planta de la red de desague del 2do piso de La Galería	30
Figura 9: Vista en planta de la red de desague del 1er piso de La Galería	31
Figura 10: Abrazadera omega.....	36
Figura 11: Grifería tipo push.....	38

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Para la subsistencia del ser humano, por higiene y salud se necesita agua para beber, lavar, limpiar y cocinar entre otros diferentes usos. En consecuencia, el consumo de agua genera descargas que son drenadas a través de sumideros, desagües y excusados. Para mantener los parámetros de sanidad y calidad es indispensable disponer de un sistema hidrosanitario en todos los proyectos civiles. Las instalaciones hidrosanitarias están conformadas por dos componentes: el suministro de agua potable y la red de desagüe. Estos sistemas nos permiten contar con el servicio básico para todo el establecimiento, y así mantener las condiciones básicas de salubridad (Soriano, 2014). El sistema de distribución de agua potable comprende los siguientes elementos: acometida y reserva (cisterna), sistema de bombeo y la red de tuberías de agua fría. La red de distribución está constituida por los elementos y accesorios que permiten el enlace entre el sistema de suministro de agua municipal y la instalación predial. A partir de las unidades de descarga de los servicios sanitarios se puede calcular el caudal máximo probable. Además, se debe dotar del caudal y la presión requeridos para que haya comodidad en su uso. La red de desagüe cumple el propósito de descargar las aguas servidas. Por aguas servidas se entiende todas aquellas aguas que ya se les ha dado un uso (Rodríguez, 2006). Los sistemas de desagüe se pueden clasificar en diferentes tipos, el sanitario que es aquel que recibe la descarga de todos los servicios sanitarios. A esta red se la conoce también como red de aguas servidas o red de aguas sanitarias. Otro tipo de desagüe es el pluvial que es aquel que recibe el flujo proveniente de la escorrentía superficial producida por la lluvia (Soriano, 2014).

Es de suma importancia el uso de la Norma Ecuatoriana de la Construcción específicamente el capítulo 16 (Norma Hidrosanitaria NHE Agua) que establece los parámetros mínimos necesarios para garantizar el diseño adecuado de instalaciones hidrosanitarias bajo condiciones normales. Para este proyecto además fue necesaria la Norma Técnica Colombiana NTC 1500 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) ya que la NEC no contemplaba el caso presentado en este proyecto.

También es de gran ayuda el uso del software CivilCAD que cuenta con diferentes herramientas de dibujo que permiten y facilitan el trazado de una ruta de tuberías. Entre las bondades del programa que nos ayudaron con el diseño de rutas se encuentran el trazo con precisión, la identificación de líneas (layouts), cuadros de texto entre otros.

Descripción del proyecto

La Galería es un proyecto que se encuentra ubicado en la ciudad de Quito, en el parque La Carolina, en la Fundación Mundo Juvenil. El proyecto La Galería busca invitar a que las personas se puedan relacionar con el arte. También, espera promover la producción artística, cultural material, la cual estará trimestralmente presentada en las instalaciones. Este proyecto cuenta con espacios de exhibición, mercaditos, talleres, áreas recreativas y gastro-boutiques como se muestran en la figura 1 y 2.



Figura 1: Fachada 1 de la plaza de La Galería



Figura 2: Fachada 2 de la plaza de La Galería

Este espacio se va a caracterizar por tener una gran afluencia de personas, lo que a su vez representa un alto uso de los servicios sanitarios. Actualmente, La Galería se encuentra en la etapa inicial de construcción, pero este ya cuenta con varias instalaciones construidas entre estas oficinas para el área administrativa, centros de investigación, un planetario, una mecánica de bicicletas y espacios recreativos para niños. Esto representa que una parte del proyecto ya cuenta con sistema hidrosanitario (figura 3).



Figura 3: Instalaciones ya existentes.

La primera etapa cuenta con una cisterna de hormigón armado con una capacidad de 42m^3 (figura 4) que a su vez se encuentra conectada a la red de agua potable del parque para contar con una fuente continua de líquido vital. Asimismo, el sistema sanitario ya cuenta con varios inodoros, orinales y lavamanos que formaran parte de los planos finales de diseño.



Figura 4: Construcción de cisterna y cuarto de máquinas.

Desde el punto de vista ingenieril y técnico La Galería se caracteriza por estar conformado por estructuras móviles (containers reforzados) como se muestra en la figura 5, lo que representa para el sistema hidrosanitario que debe ubicarse en el perímetro de las estructuras y no embebido en el interior. Los planos del proyecto especifican varios puntos de salida de agua como lo son inodoros y lavamanos, además de varios puntos de desagüe para el transporte de aguas servidas.



Figura 5 : Container en etapa de refuerzo.

La alimentación de agua potable a la cisterna está en funcionamiento con tubería de 1 pulgada a partir de la red pública, de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS-Q). El sistema de suministro también debe efectuarse a presión, teniendo en cuenta que los aparatos sanitarios se encuentran a alturas diferentes, con el objeto de que se aproveche para la conducción la energía disponible que suministra la red municipal.

El diseño de las instalaciones sanitarias del proyecto La Galería están proyectadas para todos los puntos de interés como son lavamanos e inodoros, comprensiblemente tomando en cuenta todas las consideraciones técnicas y estéticas que influyen en un proyecto de este tipo; así mismo, se ha determinado una metodología muy clara y sencilla para la determinación de los elementos que lo conforman tales como: tuberías, accesorios y rutas. Como parte de los factores que influyen en el diseño de una instalación sanitaria se encuentra entre los más importantes, los caudales máximos probables en las tuberías y las pérdidas de energía por fricción y accesorios. Otro factor es la cantidad de aparatos sanitarios a los que se les dará servicio, debido a esto, se incluyen tablas que indican el número de unidades de descarga en función del uso que se les dará en el proyecto. El cálculo de la tubería, tanto para el agua potable como para las aguas servidas, se fundamentó en el método de factor de simultaneidad, frecuentemente empleado, “consiste en asignar un factor que evalúa la simultaneidad de funcionamiento de los aparatos sanitarios”. (Rodríguez, 2006, p. 91)

Las características estructurales y estéticas de La Galería influyen de manera considerable en el diseño hidrosanitario. Los container al tener una base rígida de acero y madera significa que requiere de más trabajo (energía) y herramientas especiales para la colocación de tuberías, obligando a que las conexiones y tuberías sean parcialmente en el exterior. Otra ventaja es que en caso de mantenimiento no se deben romper pisos y dañar fachadas, además facilita el proceso de desarmado el momento en que la estructura se deba desplazar. El techo de los container va a servir como terraza para que el público tenga un espacio de relajación, por este motivo los container serán reforzados estructuralmente con diferentes perfiles de acero, y en la terraza se fundirá una losa de hormigón con mallas de acero. A la losa se le dota de una caída específica hacia un extremo del container donde se conecta a un canal, el canal a su vez transportará las aguas lluvia hacia un sumidero para su

evacuación. Los techos de las estructuras serán de acero galvanizado para evitar la corrosión, estos techos contarán con la caída respectiva para el manejo adecuado de aguas lluvias. Las cajas de revisión junto con los sumideros para drenaje ya se encuentran preestablecidos debido a las características del terreno y el espacio disponible. Este proyecto se encuentra sujeto a cambios constantes por motivos de diseño y estética. Actualmente el proyecto se encuentra en procesos legales que se espera que finalicen a finales de este año, mientras tanto el diseño hidrosanitario ya estará listo para pasar a la fase constructiva. La construcción del proyecto en sí empezó a finales de julio donde tuve la oportunidad de ser residente de obra hasta diciembre de 2017. Lo que representa que he estado al tanto de todos los procesos, cálculo de volúmenes de obra, diseño, pedido de materiales, pago de salarios, manejo de personal, control de obra, manejo de presupuesto.

Objetivos

Objetivos generales.

Plantear un diseño hidrosanitario que garantice una muy buena calidad de servicio para el proyecto La Galería, empleando la Norma Ecuatoriana de la Construcción 11 y normas internacionales, a fin de proponer soluciones técnicas y factibles.

Objetivos específicos.

- Calcular los caudales máximos probables y los diámetros necesarios de las tuberías.
- Estimar los caudales utilizando el método del factor de simultaneidad.
- Determinar las pérdidas energéticas de la red para el funcionamiento adecuado del aparato sanitario más desfavorable de la red.
- Diseñar la red de tuberías para el transporte de agua potable.
- Diseñar la red de tuberías de desagüe.
- Trazar las redes sanitarias en el plano con CivilCAD.

Alcance

El diseño de un sistema hidrosanitario consiste en el trazado óptimo de una red de tuberías que cuentan con varios tramos que tienen como propósitos la salida de agua potable en diferentes aparatos sanitarios y el desagüe de aguas servidas a la red de alcantarillado. Para que este diseño sea eficiente es necesario calcular el caudal máximo probable en las salidas y la pérdida de energía en el sistema. El alcance del presente documento es el diseño de la red de tuberías de agua potable y la red de tuberías de desagüe de La Galería.

Para lograr el diseño se debió visitar el lugar de construcción, revisar planos y características de las fachadas, investigar la disponibilidad de materiales en el mercado local, seguido se debió revisar conceptos de mecánica de fluidos e hidráulica, después se empleó la NEC y la NTC1500 y textos de diseño hidrosanitario. Se realizó el trazado de las rutas de las tuberías. Una vez realizado el diseño se realizaron los respectivos cálculos de caudales, velocidades y diámetros para esta red, se empleó la metodología de factor de simultaneidad.

BASES DE DISEÑO

Revisión de conceptos

Para el diseño de un sistema hidrosanitario es necesario tomar en cuenta bases importantes acerca de mecánica de fluidos e hidráulica, los conceptos que se emplearon para este proyecto se describen brevemente a continuación:

La ecuación general de la energía, que es una extensión de la ecuación de Bernoulli, describe el comportamiento energético de un fluido a lo largo que de un canal. Este principio posibilita dimensionar la pérdida y ganancia de energía en un sistema cerrado. La ecuación de energía es útil en el diseño de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, porque nos posibilita considerar las pérdidas de energía por fricción, pérdidas locales o por accesorios y dimensionar la potencia necesaria de bombas o motores en el sistema. La ecuación esta expresada en Joules por unidad de peso de fluido (J/N) y supone una distribución uniforme de velocidades (Mott, 2006).

La ecuación de continuidad establece que cuando se considera un flujo uniforme, el flujo volumétrico es el mismo en cualquier sección del sistema (Potter, 2015).

La ecuación de Darcy-Weisbach se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas largas de tubos redondos tanto para flujo laminar como flujo turbulento (Mott, 2006).

Para entender el concepto de flujo crítico se debe entender primeramente que la energía total se mide en relación con la plantilla del canal y se compone de la energía potencial debido a la profundidad del fluido más la energía cinética debido a su velocidad. En el análisis de flujo en canales abiertos por lo general se hace referencia la energía específica. El valor mínimo definido de la energía se demuestra cuando el flujo se halla en el estado crítico es decir cuando el número de Froude es igual a 1 (Potter, 2015). La profundidad correspondiente a la energía específica mínima, entonces, se denomina profundidad crítica y_c . Es importante

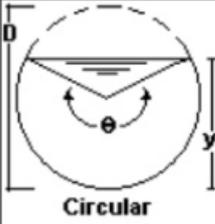
relacionar las fuerzas inerciales a las gravitacionales dadas por el número de Froude que relaciona la velocidad sobre la raíz de la gravedad por la profundidad hidráulica. Si el número es igual a 1 el flujo es crítico, si el número es menor a 1 es subcrítico y si el número es mayor a 1 el flujo es supercrítico.

El flujo uniforme se caracteriza por que la superficie del fluido es paralela a la pendiente de la plantilla del canal $S=S_w$. Donde el símbolo S representa la pendiente de la plantilla del canal y S_w para la pendiente para la superficie de del agua. El flujo uniforme solo existe si el canal es prismático es decir si sus lados son paralelos a un eje en dirección del flujo, en este caso circular. Es importante que la pendiente del canal se mantenga constante (Potter, 2015).

Robert Manning propuso la ecuación (9) para el cálculo de la velocidad promedio del flujo uniforme. La expresión representa la fuerza impulsora del fluido con la fuerza que se opone que es la fricción. La fuerza impulsora del flujo la proporciona la componente del peso del fluido que actúa a lo largo del canal. Esta fuerza depende de la rugosidad de las superficies del canal y del tamaño y forma de su sección transversal (Potter, 2015). Esta fórmula debe mantener unidades compatibles y el valor de n es conocido como el coeficiente de Manning y depende de la superficie del canal, para nuestro caso se considera el coeficiente del material PVC.

Es importante tomar en cuenta las geometrías que se utilizan con más frecuencia para el diseño de redes, la sección empleada para este diseño se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1: Características geométricas de la sección circular de canales.

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 <p>Circular</p>	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta})\frac{D}{4}$	$(\text{sen}\frac{\theta}{2})D$ ó $2\sqrt{y(D-y)}$

Normativas

Los lineamientos que se emplean para el diseño del sistema hidrosanitario son la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 11, capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua, la Norma Técnica Colombiana 1500, las Normas de la Subsecretaría de Saneamiento Ambiental del MIDUVI y las Normas Técnicas Ecuatorianas INEN que se presentan a continuación:

- NTE INEN 117:75. Norma Técnica Ecuatoriana para roscas ASA para tuberías y accesorios. Especificaciones.
- NTE INEN 440:84. Colores de identificación de tuberías.
- NTE INEN 1108:2011. Agua Potable. Requisitos.
- NTE INEN 1328:94. Tubería plástica. Accesorios de PVC rígido para presión. Dimensiones básicas.
- NTE INEN 1329:09. Tubería plástica. Accesorios de PVC rígido para uso sanitario. Dimensiones básicas.
- NTE INEN 1366:86. Tubería plástica. Tubos de PVC rígido para presión. Clasificación.
- NTE INEN 1373:16. Tubería plástica. Tubos y accesorios de PVC rígido para presión. Requisitos.
- NTE INEN 1374:09. Tubería de PVC rígido para usos sanitarios en sistemas a gravedad. Requisitos.
- NTE INEN 1569:2011. Artefactos Sanitarios. Clasificación.
- NTE INEN 1571:2011. Artefactos Sanitarios. Requisitos.
- NTE INEN 2059:2010. Tubos perfilados de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado. Requisitos.

- NTE INEN 2474:09. Tubería plástica. Tubos de PVC rígido para uso en ventilación de sistemas sanitarios. Requisitos.
- NTE INEN 2497:09. Tubería plástica. Tubos de PVC rígido unión por rosca, para conducción de agua potable a presión. Cedula 80. Requisitos.

Consideraciones

Las consideraciones generales de diseño han sido tomadas en base a las normativas, el diseño de exteriores del proyecto y las condiciones particulares del lugar. A partir de estos lineamientos se han establecido criterios técnicos e ingenieriles para el diseño. Las consideraciones específicas son las siguientes:

- Todas las conducciones hidrosanitarias serán colocadas bajo tierra en el perímetro del proyecto.
- Las tuberías de red de agua potable se instalarán por encima de la red de desagüe.
- Las tuberías de agua son de PVC de acuerdo con la norma INEN.
- Las tuberías de PVC no deben exponerse a la intemperie y se deben proteger de la radiación UV.
- Se debe tomar en cuenta la disponibilidad y las especificaciones técnicas de los materiales en el mercado local.
- Se debe respetar la estética del área del proyecto.
- El piso de los container es de madera y acero por este motivo es aconsejable no perforar el suelo para realizar las instalaciones sanitarias.

Sistema de distribución de agua potable.

- El proyecto cuenta con una cisterna de 42m³ que se encuentra conectada al sistema de agua potable.
- Una parte del sistema hidrosanitario ya se encuentra operando.

- En la red se deben distribuir adecuadamente válvulas que permitan independizar sectores para su operación y mantenimiento, sin necesidad de suspender el servicio en otros sectores o en el proyecto.
- Para el dimensionamiento se deben considerar el número de aparatos sanitarios del plano

Sistema de desagüe.

- Para el sistema de aguas servidas se propone una descarga general hacia la red de alcantarillado, la cual fue considerada debido a la ubicación de las cajas de revisión.
- Las cajas de revisión tienen las dimensiones de 1 x 1 m.
- La red de desagüe de aguas servidas debe estar embebida en la tierra, los diámetros estarán de acuerdo con las descargas necesarias de cada uno de los servicios.
- Para el dimensionamiento se debe considerar el número de unidades de descarga.
- La energía disponible es muy pequeña en la evacuación de las aguas servidas desde los diferentes aparatos sanitarios, razón por la cual la ruta de las tuberías debe tener la menor pérdida de energía posible.

DISEÑO HIDROSANITARIO

Diseño del sistema de distribución de agua potable.

Para el proceso de diseño no fueron necesarios los planos estructurales debido a que el tipo de estructura son contenedores modernizados y remodelados. Sin embargo, si fue indispensable el plano topográfico. Para el desarrollo del diseño de la red de distribución de agua se realizaron los siguientes pasos. Primero, se observaron las condiciones del sitio y el estado actual del terreno de manera presencial. Seguido se observó la distribución de espacios, la ubicación de los servicios sanitarios, y puntos de desagüe en los planos arquitectónicos (vista en planta). Con los planos arquitectónicos en formato digital (compatible con el software CivilCAD) se trazó una ruta de las tuberías por el perímetro del proyecto. Se determinó una red principal de donde salen ramales secundarios para satisfacer todos los puntos de interés. El diseño de la red buscó seguir la ruta donde se pierda la menor cantidad de energía y se reduzcan esfuerzos. Una vez terminado el trazado se procedió a identificar los distintos puntos de salida de agua; se identificaron estos puntos con letras y siglas para dividir la red en tramos y facilitar el proceso de cálculos como se muestran en la figura 6 y 7.



Figura 6: Vista en planta de la red de agua potable del 2do piso de La Galería

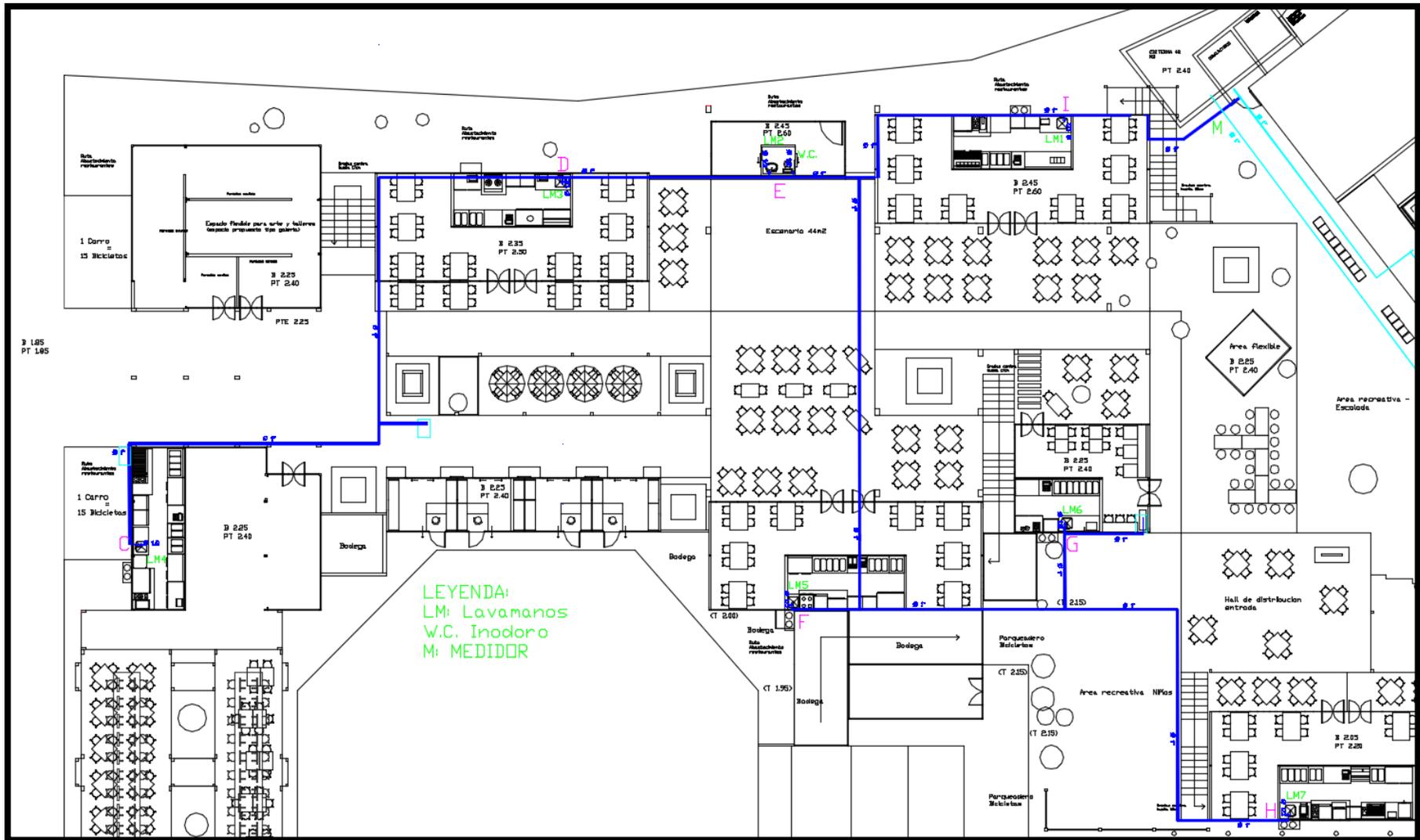


Figura 7: Vista en planta de la red de agua potable del 1er piso de La Galería

El procedimiento y los cálculos ingenieriles que se siguieron para obtener los resultados de la tabla 2 se describen a continuación. En primer lugar, se realizó un conteo, en el plano, del número de aparatos sanitarios por tramo y se determinó el factor de simultaneidad para cada tramo. El factor de simultaneidad (ks) se calculó a partir de la ecuación 1:

$$ks = \frac{1}{\sqrt{n-1}} - 0.07 \quad (1)$$

Donde:

n - número de fluxores.

El caudal máximo posible de cada aparato se encontró en la tabla 16.1 de la NHE (Anexo A), en ciertos tramos se encontraron más de un aparato sanitario, en estos casos se sumó la contribución de cada uno. Para obtener el caudal máximo probable se multiplicó el factor de simultaneidad por el caudal máximo posible. El caudal máximo probable es el caudal mínimo para el funcionamiento adecuado de los aparatos sanitarios. Estos valores se encontraron en la tabla 16.1 de la NHE.

Para la obtención del diámetro mínimo de las tuberías se partió de la ecuación de continuidad de flujo.

$$Q = VxA \quad (2)$$

Donde:

V - la velocidad del flujo es:

$$V = 2.5 \text{ m/s}$$

A - el área de una tubería es:

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

De la ecuación (2) se despejó el diámetro mínimo y se obtuvo que:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \quad (3)$$

Se realizaron los cálculos del diámetro tomando en cuenta la velocidad máxima especificada por la NHE (2.5 m/s) y el caudal máximo probable previamente calculado. En base a los diámetros mínimos calculados de cada tramo, se escogió el diámetro nominal de la tubería asegurándose de que sea mayor al diámetro mínimo. El diámetro efectivo de las tuberías se obtuvo de las especificaciones técnicas del catálogo de tuberías PVC de Plastigama (Anexo B). Para el cálculo de la velocidad real se empleó nuevamente la ecuación de continuidad (2) y se resolvió para la velocidad, asumiendo una tubería totalmente llena:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \quad (4)$$

Se empleó el diámetro efectivo y el caudal máximo probable para los cálculos respectivos asegurándose de manejar unidades compatibles. Los resultados obtenidos de los cálculos descritos se aprecian en la siguiente tabla:

Tabla 2: Cálculo de caudal máximo probable y velocidad real por el método del factor de simultaneidad.

TRAMO	No. APARATOS SANITARIOS	FACTOR DE SIMULTANEIDAD	Q MÁX. POSIBLE [l/s]	Q MÁX. PROBABLE [l/s]	DIÁMETRO MIN. [in]	DIÁMETRO NOMINAL [in]	DIÁMETRO EFECTIVO [in]	VELOCIDAD REAL [m/s]
LM9 - A	1	1.000	0.100	0.100	0.281	1/2	0.018	0.385
A - D	1	1.000	0.100	0.100	0.281	1/2	0.018	0.385
LM8 - B	1	1.000	0.100	0.100	0.281	1/2	0.018	0.385
B - C	1	1.000	0.100	0.100	0.281	1/2	0.018	0.385
C - D	2	0.930	0.200	0.186	0.383	1/2	0.018	0.716
D - E	3	0.637	0.300	0.191	0.388	1/2	0.018	0.735
E - I	5	0.430	1.650	0.710	0.748	1	0.030	0.990
LM7 - H	1	1.000	0.100	0.100	0.281	1/2	0.018	0.385
H - G	1	1.000	0.100	0.100	0.281	1/2	0.018	0.385
G - F	2	0.930	0.200	0.186	0.383	1/2	0.018	0.716
F - I	3	0.637	0.300	0.191	0.388	1/2	0.018	0.735
I - M	9	0.284	1.950	0.554	0.661	1	0.030	0.773

Acto seguido, se procedió a la determinación de la energía mínima necesaria para el funcionamiento adecuado del aparato sanitario más desfavorable, refiriéndose al punto más alejado de toda la red. De acuerdo con la configuración mostrada en los planos (figura 6 y 7) tenemos al lavamanos 9 como el aparato más desfavorable. Los tramos que conducen a este punto se muestran en la tabla 2.

Tabla 3: Características de la red hasta el aparato más desfavorable.

TRAMO	LONGITUD [m]	ACCESORIO	CANTIDAD	DIAMETRO [in]	VELOCIDAD [m/s]
I - M	8.49	Medidor	1	1	0.770
		Tee	1	1	
		Codo	3	1	
		Valvula Compuerta	1	1	
E - I	15.86	Codo	2	1	0.990
		Tee	3	1	
D - E	9.19	Tee	1	1	0.740
A - D	34.89	Codo	4	1	0.380
		Tee	1	1	
LM9 - A	0.50	Codo	1	1/2	0.380

Se planteó la ecuación de energía entre el punto de suministro (M) y el punto más alejado (LM9). El nivel de referencia se lo hizo coincidir con el suministro (M) para anular términos, teniendo como resultado la siguiente ecuación:

$$P_M = Z_{LM9} + P_{LM9} + \sum h_f + \sum h_l \quad (5)$$

Donde:

Z_{LM9} = altura desde el punto de referencia hasta el punto de interés

P_{LM9} = presión mínima requerida para el funcionamiento del lavamanos

$\sum h_f$ = sumatoria de pérdidas energéticas por fricción

$\sum h_l$ = sumatoria de pérdidas energéticas por accesorios

El lavamanos 9 se encuentra a una altura de 3.18m, que representa la suma de la altura del container (2.68m) y la altura vertical de la tubería (0.50m). Este aparato sanitario requiere de una presión de mínima para funcionar de 2.0 m.c.a. según la tabla 16.1. de la NHE. Se calculó la

sumatoria de pérdidas por fricción y la sumatoria de pérdidas por accesorios. Las pérdidas por fricción se cuantificaron con la longitud del tramo, el diámetro efectivo de las tuberías y la velocidad del flujo que circula por la misma. Empleando la fórmula 16-6 de la NHE:

$$h_f = m \times L \times \left(\frac{V^{1.75}}{D^{1.25}} \right) \quad (6)$$

Donde:

$m =$ constante del material del tubo (0.00054, plástico)

$L =$ longitud de la tubería [m]

$V =$ velocidad [m/s]

$D =$ diámetro [m]

Se obtuvieron las pérdidas por tramo como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Cálculo de pérdidas de energía por fricción.

TRAMO	LONGITUD [m]	DIAMETRO EFECTIVO [m]	VELOCIDAD [m/s]	hf [m]
I - M	8.49	0.0302	0.770	1.3263
E - I	15.86	0.0302	0.990	3.8463
D - E	9.19	0.0302	0.740	1.3392
A - D	34.89	0.0302	0.380	1.5838
LM9 - A	0.50	0.0182	0.380	0.0551
			hf =	8.1508

Las pérdidas de energía por accesorios se calcularon utilizando las longitudes equivalentes de los mismos con la fórmula 16-7 de la NEC 11 – capítulo 16.

$$L_e = \left[A \times \left(\frac{d}{25.4} \right) \mp B \right] \times \left(\frac{120}{C} \right)^{1.8519} \quad (7)$$

Donde:

$L_e =$ longitud equivalente [m]

$A, B =$ factores que dependen del tipo de accesorio, tabla 16.4. (Anexo A)

$d =$ diámetro interno [mm]

$C =$ coeficiente según material de la tubería (PVC: 150)

Los resultados de los cálculos se muestran a continuación.

Tabla 5: Cálculo de pérdidas de energía por accesorios.

TRAMO	ACCESORIO	DIAMETRO [in]	DIAMETRO EFECTIVO [mm]	A	B	C	Le [m]
I - M	Medidor	1	30.2000	0.00000	0.00000	150	0
	Tee	1	30.2000	0.53000	0.04000		0.4433
	Codo	1	30.2000	0.52000	0.04000		0.4354
	Valvula Compuerta	1	30.2000	0.17000	0.03000		0.1536
E - I	Codo	1	30.2000	0.52000	0.04000		0.4354
	Tee	1	30.2000	0.53000	0.04000		0.4433
D - E	Tee	1	30.2000	0.53000	0.04000		0.4433
A - D	Codo	1	30.2000	0.52000	0.04000		0.4354
	Tee	1	30.2000	0.53000	0.04000		0.4433
LM9 - A	Codo	1/2	18.1900	0.52000	0.04000		0.2728
	Reduccion	1/2	18.1900	0.15000	0.01000		0.0777
							hl = Le =

Finalmente se sumaron todas las pérdidas para obtener la energía mínima necesaria para el funcionamiento adecuado del aparato sanitario más alejado.

Tabla 6: Energía total perdida.

Zlm9 [m]	3.1800
Plm9/γ [m.c.a]	2.0000
hf [m]	8.1508
hl [m]	3.5836
Pm/γ [m.c.a]	16.9144

Diseño del sistema de desagüe sanitario.

Para el desarrollo del diseño de la red de transporte de aguas servidas se realizaron los siguientes pasos. Con los planos arquitectónicos en formato digital (compatible con el software CivilCAD) se trazó una ruta directa de los aparatos de desagüe hasta la caja de revisión más cercana. El diseño de la red buscó seguir la ruta donde se pierda la menor cantidad de energía. Una vez terminado el trazado se procedió a identificar los distintos puntos de evacuación de aguas servidas; se identificaron estos puntos con letras y siglas para dividir la red en tramos y facilitar el proceso de cálculos como se muestra en la figura 8 y 9.

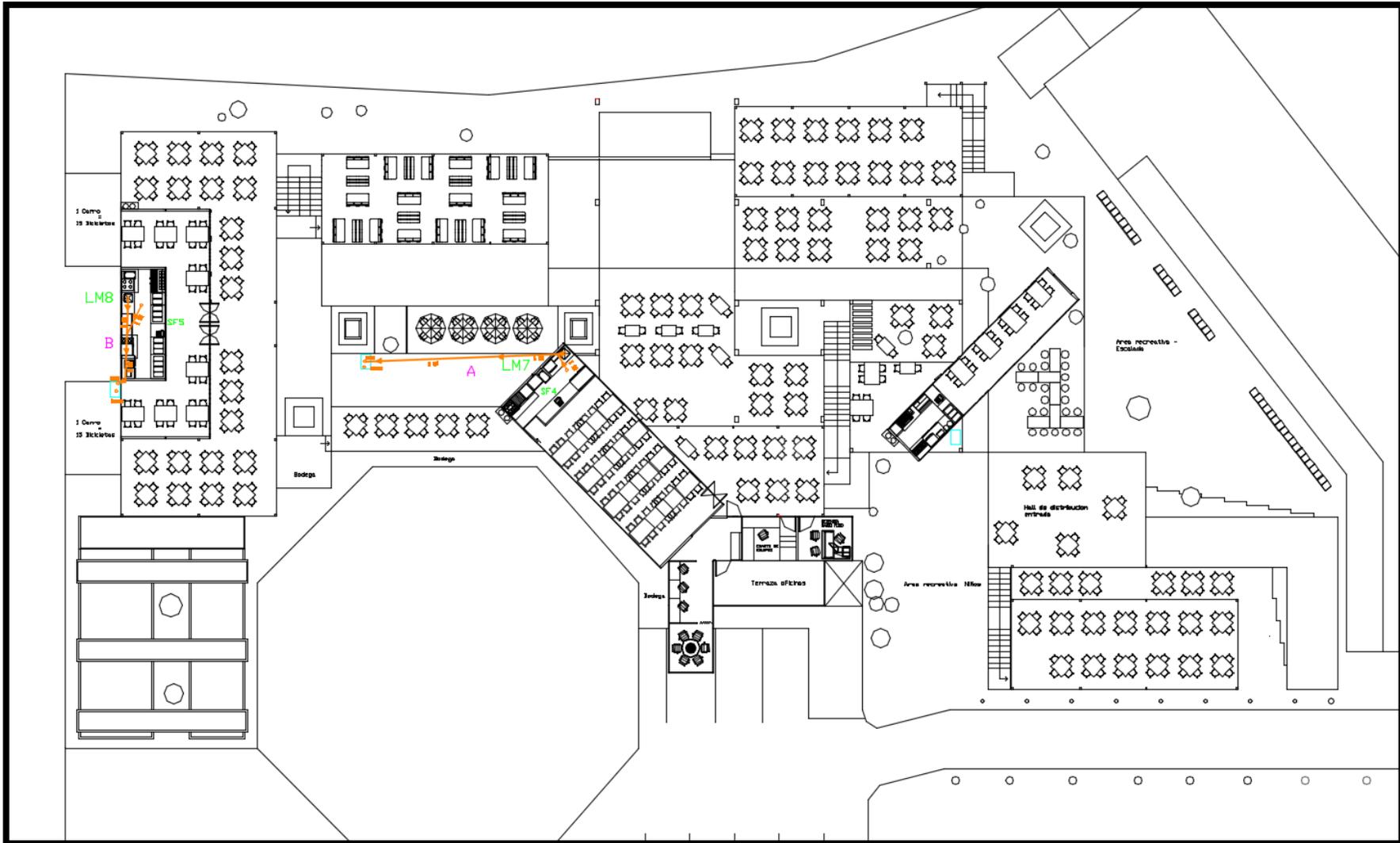


Figura 8: Vista en planta de la red de desagüe del 2do piso de La Galería

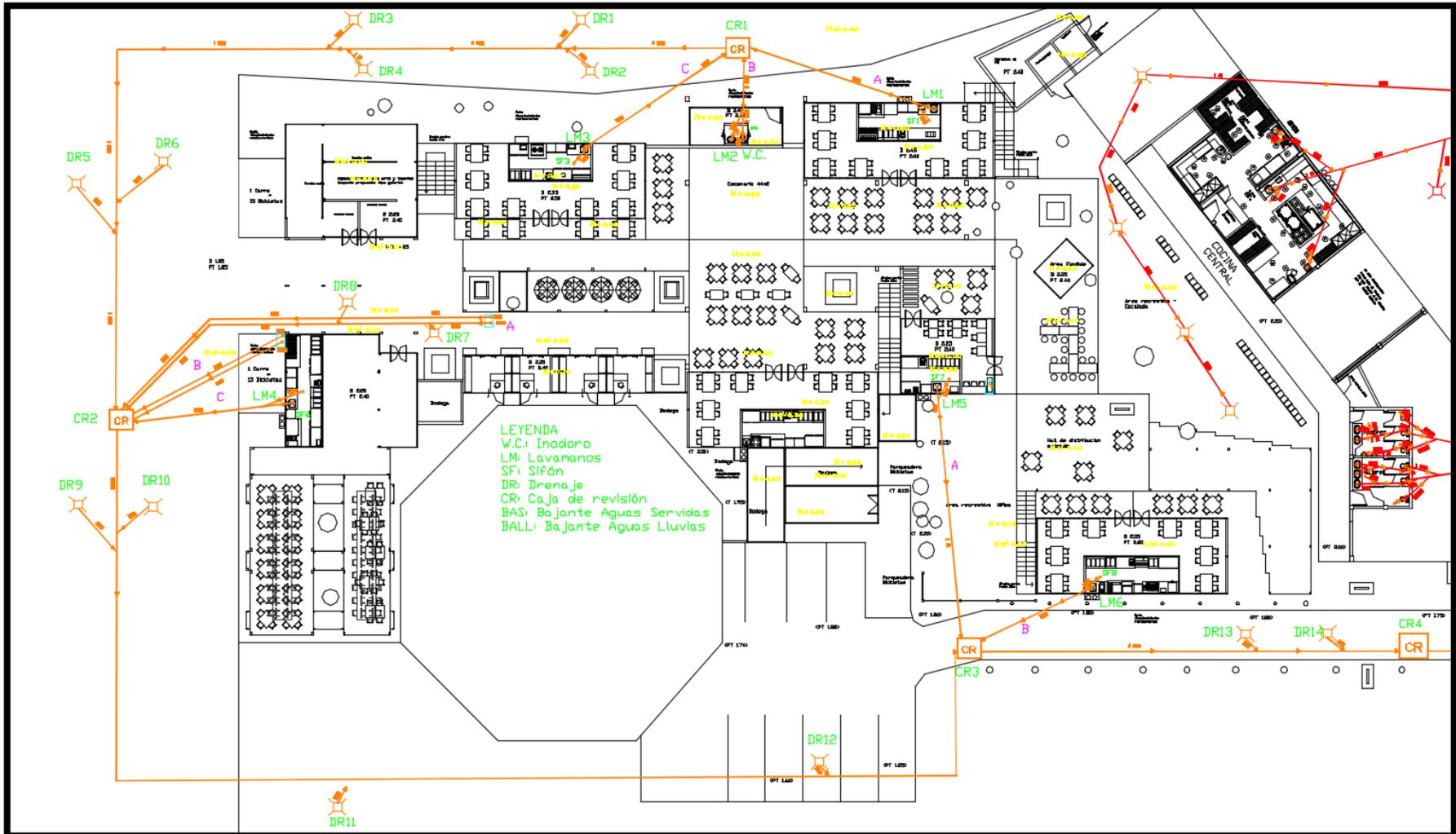


Figura 9: Vista en planta de la red de desagüe del 1er piso de La Galería

El procedimiento que se siguió para el diseño de la red de desagüe fue el siguiente: Primeramente, se obtuvieron las unidades de descarga y por unidad de descarga se entiende que, “es el equivalente a una unidad de consumo que se ha definido como el caudal máximo demandado por un lavamanos de tipo privado, por grifo, y equivalente a un caudal de 1 pie³/min” (Rodríguez, 2006). Las unidades de descarga que se usaron son de acuerdo con la tabla 8.1. (Anexo A) de la norma NTC 1500. Se sumaron las unidades de descarga en los tramos donde existían más de un aparato. Seguido, el caudal máximo probable se calculó a partir de las unidades de descarga con la formula especificada en la norma NTC 1500:

$$Q = 0.1163 * U.D.^{0.6875} \quad (8)$$

Donde:

$$Q = \text{caudal [l/s]}$$

$$U.D. = \text{unidades de descarga}$$

Se estableció una pendiente del 3% para tener un diseño conservador. Los diámetros comerciales que se emplearon son los especificados por la ficha técnica de Plastigama que se encuentran en el Anexo B. Para este diseño se consideró un flujo uniforme, lo que representa que la profundidad, el área mojada, la velocidad y el caudal en cada sección son constantes, además se asumió que la línea de energía y la superficie de agua tienen la misma pendiente. La velocidad del tubo lleno real se calculó a partir de la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (9)$$

Donde:

$$n = 0.0012 \text{ (Coeficiente de rugosidad de Manning)}$$

$$R \text{ (Radio hidráulico)}$$

$$S \text{ (Pendiente de la línea de energía)}$$

Para el cálculo de la altura crítica se emplearon formulas iterativas que se obtuvieron a partir de la minimización (derivada) de la ecuación general de la energía y las fórmulas que se muestran en la tabla 1 para la sección circular. La fórmula iterativa usada para el cálculo del ángulo teta fue:

$$\theta_c = \frac{2}{D^2} \left(\frac{DQ^2}{g} \sin \theta_c \right)^{1/3} + \frac{1}{4} \sin(2\theta_c) + \frac{1}{2} \theta_c \quad (10)$$

Se empezó el proceso iterativo con $\theta_c = 1\text{rad}$, se realizaron 20 iteraciones para garantizar la convergencia y se calculó la profundidad a partir de la siguiente formula:

$$y_c = \frac{D}{2} (1 - \cos \theta_c) \quad (11)$$

En el Anexo C se muestran los procesos iterativos para la obtención de la altura critica. Para el cálculo de la profundidad normal, se empleó la combinación de la ecuación de Darcy-Weisbach con la ecuación de Colebrook-White y las fórmulas descritas en la tabla 1 de características geométricas de la sección circular. Se resolvió para teta teniendo como resultado la siguiente ecuación.

$$\theta_o = A * \theta_o^{1/3} \left\{ -2 \log \left[\frac{B * \theta_o}{\left(\theta_o - \frac{1}{2} \sin(2\theta_o) \right)} + C \left(\frac{\theta_o}{\left(\theta_o - \frac{1}{2} \sin(2\theta_o) \right)} \right)^{3/2} \right] \right\}^{-2/3} + \frac{1}{4} \sin(2\theta_o) + \frac{1}{2} \theta_o \quad (12)$$

Donde:

$$A = \frac{2}{D^{5/3}} \left(\frac{Q}{\sqrt{8gS}} \right)^{2/3}$$

$$B = \frac{4k_s}{14.84D}$$

$$C = \frac{2.5v}{4\sqrt{8gS}} \left(\frac{4}{D} \right)^{2/3}$$

Los parámetros de ks y v dependen del material. Se empezó el proceso iterativo con $\theta_0 = 1 \text{ rad}$, se realizaron 10 iteraciones para garantizar la convergencia y se calculó la profundidad normal a partir de la siguiente fórmula:

$$y_n = \frac{D}{2} (1 - \cos \theta_0) \quad (13)$$

En el Anexo D se muestran los procesos iterativos para la obtención de la altura crítica. Una vez calculadas las profundidades para cada tramo, se calculó el 75% del diámetro comercial para comprobar si se cumplen las condiciones necesarias para un correcto funcionamiento de la red. Para comprobar el funcionamiento adecuado se comparó el mayor de los valores de y_c y y_n con el $0.75 * D$, este último debe ser mayor para que funcione. Los resultados de los cálculos previamente descritos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7: Cálculo de caudales, diámetros, alturas normal y crítica de la red.

TRAMO	UNIDADES DE DESCARGA	Q MAX PROBABLE [l/s]	PENDIENTE [%]	DIAMETRO COMERCIAL [in]	V TUBO LLENO REAL [m/s]	Yc [m]	Yn [m]	0.75*D COMERCIAL [m]
LM1 - A	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF1 - A	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0263	0.0572
A - CR1	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572
LM2 - B	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
W.C. - B	8	0.4858	3	4 1/2	1.3491	0.0209	0.0374	0.0857
SF2 - B	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0263	0.0572
B - CR1	11	0.6047	3	4 1/2	1.3491	0.0234	0.0414	0.0857
LM3 - C	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF3 - C	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0263	0.0572
C - CR1	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572
LM7 - A	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF4 - A	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0374	0.0572
A - BAS-CR2	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572
LM8 - B	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF5 - B	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0374	0.0572
B - BAS-CR2	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572
LM4 - C	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF6 - C	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0374	0.0572
C - CR2	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572
LM5 - A	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF7 - A	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0374	0.0572
C - CR3	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572
LM6 - B	2	0.1873	3	3	1.0295	0.0144	0.0322	0.0572
SF8 - B	1	0.1163	3	3	1.0295	0.0113	0.0374	0.0572
B - CR3	3	0.2475	3	3	1.0295	0.0166	0.0366	0.0572

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES

Conexiones agua fría

La construcción de la red de tuberías para agua potable tiene como objetivo terminar en una o más salidas, desde la cual se da servicio a un aparato sanitario o toma de agua para diferentes usos. La tubería de la red principal y ramales son de PVC de 1 pulgada. Se conectan acoples para pasar de tubería de 1 pulgada a tubería de ½ pulgada para los lavamanos. Se marcan en obra claramente los puntos donde se encuentran los aparatos sanitarios. Se instalan el menor número de uniones, utilizando tramos enteros de tubería, los cortes de tubería serán en ángulo recto y quedaran libres de toda rebaba, no se permite curvar o doblar los tubos, siempre se emplean los accesorios adecuados. La medición es de acuerdo con la cantidad de puntos o salidas de agua ejecutadas en los diámetros indicados en planos.

Válvulas

La función de una válvula es la de controlar el flujo de agua a través de una tubería hacia un abastecimiento del edificio, a un servicio sanitario o a un grupo de ellos. Las válvulas de compuerta se utilizan para cerrar el paso del agua. La válvula check en cambio tiene por objeto impedir el retorno del flujo por la tubería. La válvula de flotador contrala el llenado de la cisterna cerrando el flujo de agua cuando esta llegue al límite de llenado. Se debe verificar la cantidad y calidad de las válvulas de compuerta; estas serán de bronce fundido y de marca garantizada y cumplirán con las normas NTE INEN: 602, 950, 967, 968, 969 y las establecidas ASTM en las referidas normas. Su inspección, muestreo y la aceptación o rechazo se efectuará de acuerdo con la NTE INEN 966. Se recomienda comprobar que el sitio donde se instale una válvula de compuerta sea accesible para su operación y que no interfiera con la ubicación de muebles (especialmente en baños y cocina).

Anclajes

Los anclajes tienen por objeto soportar las tuberías de agua y desagüe que se instalen en niveles superiores. Se debe considerar que los anclajes tengan la fijación adecuada y que no afecte a ningún otro sistema. Los materiales mínimos necesarios son pernos y abrazaderas omega como se muestra en la siguiente figura:



Figura 10: Abrazadera omega

Tubería PVC

La instalación de tuberías para agua potable Tipo B tiene como objeto dar salida de agua en ciertos puntos de la edificación. Estas tuberías salen de los diferentes artefactos sanitarios. El dimensionamiento de estas tuberías deberá cumplir con la norma INEN 1374. Es importante la revisión general de planos con verificación de diámetros y tipo de material de tuberías; se debe identificar exactamente cada uno de los colectores sanitarios. Se recomienda verificar los recorridos de tuberías a instalarse para evitar interferencias con otras instalaciones, procurando que éstas sean lo más cortas posibles; además de revisar si las tuberías cruzarán elementos estructurales para prever su paso. Todas las tuberías deberán estar unidas adecuadamente entre sí. Se debe constatar la existencia de la herramienta apropiada para ejecutar el trabajo, así como el personal calificado. Se debe comprobar que los trabajos de mano de obra sean adecuados para PVC de uso sanitario. Es importante tomar en cuenta el escuadrado en cortes de tuberías, limado de rebabas, limpieza y pegado de tuberías,

poniendo cuidado especial para proteger la tubería expuesta a maltrato. Se recomienda instalar el menor número de uniones posible, utilizando tramos enteros de tubería; los cortes de tubería serán en ángulo recto y quedarán libres de toda rebaba; no se permitirá curvar los tubos, siempre se emplearán los accesorios adecuados.

La construcción de una red de tuberías para aguas servidas tiene como objetivo terminar en una o más salidas, conocidas como "salida de desagüe" en los diámetros establecidos en planos, desde el cual se da servicio a un aparato sanitario o sumidero de aguas lluvias; el material a utilizarse es PVC-D tipo B. La tubería de PVC-D y los accesorios cumplirán con las especificaciones INEN 1374. Se tienen que marcar los sitios en que se requiere acanalar o picar en pisos y paredes para alojar tuberías; el acanalado se realizará antes de enlucir las paredes o masillar el piso. Todas las tuberías serán en sus tamaños originales de fabricación, no se permitirá el ingreso de pedazos o retazos de tuberías. Las tuberías y accesorios ingresarán con la certificación del fabricante o proveedor, sobre el cumplimiento de las especificaciones técnicas. Se instalará el menor número de uniones, utilizando tramos enteros de tubería, los cortes de tubería serán en ángulo recto y quedarán libres de toda rebaba; no se permitirá curvar los tubos, siempre se emplearán los accesorios adecuados.

Instalación aparatos sanitarios

La instalación de los lavamanos comprende: aparato empotrable en mesones de baño o de colgar a pared, con sifón, tubería de abasto, llave angular y grifería de una llave. Se medirá en unidades. Las piezas sanitarias de losa vitrificada y las llaves de agua de las piezas sanitarias deberán ser, de primera calidad y deben tener marcadas el sello de identificación del fabricante. Para proceder a la instalación de piezas sanitarias en los ambientes de baños o áreas de servicio, estos sitios deben considerarse listos, es decir con pisos terminados, cerámicas colocadas, paredes pintadas, muebles instalados. En los nichos de baños

correspondientes se prepararán las condiciones para recibir sólidamente las piezas. Los mesones para los casos de los empotrables con la nivelación deben asegurar su correcto funcionamiento y drenado. Para proceder con la instalación de lavabos de colgar se realizará un replanteo a lápiz en la pared, para centrar perfectamente el lavamanos en su sitio; dependiendo del modelo, se marcan las perforaciones para los pernos de fijación, se taladran y colocan los tacos; se cuidará la altura y nivelación correcta. Si va colocado en un mueble se marca el corte del tablero con la plantilla que facilita el fabricante; si se trata de un mueble fundido también se cuidará en dejar el espacio adecuado para insertar el lavamanos. Se instalará y conectará el lote completo de conexiones y/o piezas especiales necesarias y suficientes para conectar las llaves de servicio de la pieza a la salida de servicio de la red de agua. Todas las conexiones deberán quedar herméticas. Para la conexión de artefactos sanitarios se empleará un sellante que asegure una junta estanca como permatex y cinta teflón; así como los empaques propios del fabricante. Se cuidará que, al momento de instalar cada artefacto, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. La grifería será tipo push como se muestra a continuación:



Figura 11: Grifería tipo push

En cuanto a la instalación de los inodoros de fluxómetro y/o tanque, con todos sus elementos para su funcionamiento, se indican en los planos y detalles del proyecto. Se cuidará que, al momento de instalar cada artefacto, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. Para instalar el inodoro, se debe hacer un replanteo a lápiz en el piso para centrar perfectamente el inodoro en su sitio; se marcan las perforaciones para los pernos de fijación, se taladran y colocan los tacos. Para un acople correcto de la taza del inodoro a la tubería de desagüe, se utilizará un empaque de cera que se ajusta a la abertura inferior de la taza y se asienta a presión sobre la boca del desagüe en el piso, logrando la posición nivelada del artefacto; se aprietan los pernos de fijación. Una vez fijo todo el artefacto se somete a una prueba de funcionamiento procediendo a una inspección muy detenida para detectar fugas o defectos de funcionamiento; la existencia de fugas será motivo de ubicación y reparación para proceder a una nueva inspección.

La instalación de los urinarios de fluxómetro y/o llave, con todos sus elementos para su funcionamiento, se indican en los planos y detalles del proyecto. Se cuidará que, al momento de instalar cada artefacto, el desagüe correspondiente esté limpio en su interior y escurra el agua perfectamente. Para instalar el urinario, se debe hacer un replanteo a lápiz en el piso para centrar perfectamente el inodoro en su sitio; se marcan las perforaciones para los pernos de fijación, se taladran y colocan los tacos. Una vez fijo todo el artefacto se somete a una prueba de funcionamiento procediendo a una inspección muy detenida para detectar fugas o defectos de funcionamiento; la existencia de fugas será motivo de ubicación y reparación para proceder a una nueva inspección.

Recomendaciones

A continuación, se presentan recomendaciones en base a la experiencia de realizar el diseño:

- Se recomienda realizar el trazado de la red con el menor número de longitudes para evitar pérdidas energéticas y económicas.
- Los cambios de dirección se deben procurar que sean de noventa grados o cuarenta y cinco grados.
- Para un mejor entendimiento se recomienda realizar el trazado de la red desde el punto más alejado hasta el medidor
- El trazado debe permitir el aislamiento de sectores para no interrumpir los servicios
- La red de aguas servidas no debe estar en contacto con el medio ambiente para evitar contaminación, ya que son aguas compuestas por sólidos suspendidos.
- Se sugiere de manera rigurosa cubrir las tuberías que se encuentran en la intemperie debido a que la radiación afecta al material PVC.
- Es importante que la caída de los techos y losas estén en dirección de los sumideros más cercanos.
- Se recomienda seguir el capítulo 16 de la NEC para el diseño de distribución de agua potable y en ciertos casos emplear la NTC 1500.
- Por motivo de procesos constructivos y económicos se recomiendan tuberías del mismo diámetro.

CONCLUSIONES

Para un correcto diseño hidrosanitario es muy importante tener claro conceptos y leyes de mecánica de fluidos e hidráulica ya que estos son la base científica para cualquier esbozo de red de tuberías. El uso de un software y hojas de cálculo aportan de manera considerable para que los cálculos y diseños sean más precisos. El método del factor de simultaneidad nos permitió calcular de manera precisa los caudales máximos probables y diámetros necesarios de las tuberías. Las características del proyecto y la NEC 11 junto con la NTC 1500 fueron los puntos de partida para la elaboración de redes de tuberías. La Galería al tener cierta parte de la infraestructura lista, nos obligó a adecuar el diseño de tal manera que trabaje en conjunto con la parte ya construida. Se debieron considerar todos los factores que implican la ubicación del proyecto ya que este se encuentra en un espacio público que debe respetar ciertas normas y criterios especiales. Los resultados obtenidos evidencian que el diseño es adecuado para el proyecto y cumplen con los objetivos planteados al inicio del trabajo técnico. Los resultados que se obtuvieron en los cálculos se trasladarán al plano arquitectónico para que después pueda pasar a la fase de construcción.

Los hallazgos significativos de este trabajo fueron los siguientes: las trayectorias que deben seguir las tuberías son las que emplean la menor cantidad de energía, los diámetros de las tuberías cumplen con el mínimo especificado por los cálculos ingenieriles, los caudales y las velocidades en el sistema hidrosanitario son adecuados para el correcto funcionamiento de los distintos servicios sanitarios.

Mis contribuciones en este trabajo son dos principalmente: la implementación de un sistema hidrosanitario que respeta las cualidades estéticas y técnicas del proyecto, y un diseño que nos permite reducir las pérdidas energéticas además de facilitar los procesos constructivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Rodríguez, H. (2006). *Diseños hidráulicos, sanitarios y de gas en edificaciones*. Bogotá. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción*.
- ICONTEC. (2017). *NTC 1500 Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias*. Bogotá
- Mott, R. (2006). *Mecánica de fluidos*. México D.F. Pearson Educación.
- Mott, R., Untener, J. (2015). *Applied Fluid Mechanics*. Pearson Education.
- Potter, M., Wiggert D. (2015). *Mecánica de Fluidos*. México D.F. Thomson Learning
- Acheson D.J. (1990). *Elementary Fluids Mechanics*. Oxford. Clarendon Press.
- Finnemore, Franzini, J. (2002). *Fluid Mechanics with Engineering Applications*. Mc Graw-Hill
- Alhama, F., Madrid, C. (2012). *Análisis dimensional discriminado en mecánica de fluidos y transferencia de calor*. México D.F. Editorial Reverte
- Soriano, A., Pancorbo J. (2014). *Suministro Distribución y Evacuación Interior de Agua Sanitaria*. México D.F. Alfaomega.
- Saldarriaga, J. (2016). *Hidráulica de tuberías*. Bogotá. Alfaomega.
- Roberson, Cassidy, Chaudhry. (1998). *Hydraulic Engineering*.
- Sandoval W. (2013). *Principios de la Hidráulica*.

ANEXO A: TABLAS EMPLEADAS PARA EL DISEÑO

Tabla 16.1. Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo.

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m c.a.)	mínima (m c.a.)	
Bañera / tina	0.30	7.0	3.0	20
Bidet	0.10	7.0	3.0	16
Calentadores / calderas	0.30	15.0	10.0	20
Ducha	0.20	10.0	3.0	16
Fregadero cocina	0.20	5.0	2.0	16
Fuentes para beber	0.10	3.0	2.0	16
Grifo para manguera	0.20	7.0	3.0	16
Inodoro con depósito	0.10	7.0	3.0	16
Inodoro con fluxor	1.25	15.0	10.0	25
Lavabo	0.10	5.0	2.0	16
Máquina de lavar ropa	0.20	7.0	3.0	16
Máquina lava vajilla	0.20	7.0	3.0	16
Urinario con fluxor	0.50	15.0	10.0	20
Urinario con llave	0.15	7.0	3.0	16
Sauna, turco, ó hidromasaje domésticos	1.00	15.0	10.0	25

Tabla 16.4. Factores para el cálculo de longitudes equivalentes.

Accesorio	Factor A	Factor B
Codo de 45°	0.38	+ 0.02
Codo radio largo 90°	0.52	+ 0.04
Entrada normal	0.46	- 0.08
Reducción	0.15	+ 0.01
Salida de tubería	0.77	+ 0.04
Tee paso directo	0.53	+ 0.04
Tee paso de lado y tee salida bilateral	1.56	+ 0.37
Tee con reducción	0.56	+ 0.33
Válvula de compuerta abierta	0.17	+ 0.03
Válvula de globo abierta	8.44	+ 0.50
Válvula de pie con criba	6.38	+ 0.40

Tabla 8.1: Unidades de descarga por aparato.

CAUDALES PARA DIFERENTES ARTEFACTOS	
ARTEFACTO	UNIDADES DE DESCARGA
Grupo de baño con inodoro de tanque	6
Grupo de baño con inodoro de fluxómetro.	8
Bidet	3
Bebedero	0,5
Fregadero de cocina	3,6
Lavamanos	2
Lavadero	3
Lavadora doméstica	5
Ducha	3
Urinario	5
Inodoro de tanque	5
Inodoro de fluxómetro	8
Tina de baño	3

ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE TUBERÍA PVC DE PLASTIGAMA

TUBERÍAS Y ACCESORIOS DE PVC Y PE BD

www.plastigama.com



ESPECIFICACIONES PARA TUBERÍAS PVC (U)

Especificaciones para tuberías con unión por sellado elastomérico (UZ) y unión por cementado solvente (EC) para riego.

Diámetro Nominal (mm)		Diámetro Interior (mm)	Espesor Nominal (mm)	Presión de Trabajo		
UNIÓN U/Z	UNIÓN E/C			MPa	PSI (lb/pulg ²)	Kgf/cm ²
	20	17,6	1,2	1,25	181	12,75
		17,4	1,3	1,60	232	16,32
		17,0	1,5	2,00	290	20,40
	25	22,6	1,2	1,00	145	10,20
		22,4	1,3	1,25	181	12,75
		22,0	1,5	1,60	232	16,32
	32	29,6	1,2	0,80	116	8,16
		29,4	1,3	1,00	145	10,20
		29,0	1,5	1,25	181	12,75
	40	37,6	1,2	0,63	91	6,43
		37,4	1,3	0,80	116	8,16
		37,0	1,5	1,00	145	10,20
		36,2	1,9	1,25	181	12,75
50		47,4	1,3	0,63	91	6,43
		47,0	1,5	0,80	116	8,16
		46,2	1,9	1,00	145	10,20
		45,2	2,4	1,25	181	12,75
63		60,0	1,5	0,63	91	6,43
		59,0	2,0	0,80	116	8,16
		58,2	2,4	1,00	145	10,20
		57,0	3,0	1,25	181	12,75
75		72,0	1,5	0,50	73	5,10
		71,4	1,8	0,63	91	6,43
		70,4	2,3	0,80	116	8,16
		69,2	2,9	1,00	145	10,20
90		86,4	1,8	0,50	73	5,10
		85,6	2,2	0,63	91	6,43
		84,4	2,8	0,80	116	8,16
		83,0	3,5	1,00	145	10,20
110		81,4	4,3	1,25	181	12,75
		105,6	2,2	0,50	73	5,10
		104,6	2,7	0,63	91	6,43
		103,2	3,4	0,80	116	8,16
125		101,6	4,2	1,00	145	10,20
		99,6	5,2	1,25	181	12,75
		120,0	2,5	0,50	73	5,10
		118,8	3,1	0,63	91	6,43
		117,2	3,9	0,80	116	8,16
		115,4	4,8	1,00	145	10,20
		113,0	6,0	1,25	181	12,75

ANEXO C: ITERACIONES DEL ÁNGULO TETA PARA LA OBTENCIÓN DE LA ALTURA CRÍTICA

Q1	0.000187	D1	0.0762	θ1	0.898897	Yc1	0.014384												
Q2	0.000116		0.0762	θ2	0.790128	Yc2	0.011287												
Q3	0.000248		0.0762	θ3	0.970707	Yc3	0.016584												
Q4	0.000486	D2	0.1143	θ4	0.88414	Yc4	0.020919												
Q5	0.000605		0.1143	θ5	0.938873	Yc5	0.023392												
θ1		θ2		θ3		θ4		θ5											
1	0.93822	1	0.88082	1	0.981291	1	0.929872	1	0.961702										
0.93822	0.915457	0.88082	0.834973	0.981291	0.974633	0.929872	0.903864	0.961702	0.947852										
0.915457	0.906071	0.834973	0.813403	0.974633	0.972177	0.903864	0.892919	0.947852	0.94247										
0.906071	0.90204	0.813403	0.802478	0.972177	0.971259	0.892919	0.888099	0.94247	0.940324										
0.90204	0.900281	0.802478	0.796754	0.971259	0.970915	0.888099	0.885936	0.940324	0.93946										
0.900281	0.899508	0.796754	0.793703	0.970915	0.970785	0.885936	0.884956	0.93946	0.939111										
0.899508	0.899167	0.793703	0.792063	0.970785	0.970737	0.884956	0.884511	0.939111	0.93897										
0.899167	0.899016	0.792063	0.791177	0.970737	0.970718	0.884511	0.884309	0.93897	0.938912										
0.899016	0.89895	0.791177	0.790697	0.970718	0.970711	0.884309	0.884217	0.938912	0.938889										
0.89895	0.89892	0.790697	0.790437	0.970711	0.970709	0.884217	0.884175	0.938889	0.93888										
0.89892	0.898907	0.790437	0.790295	0.970709	0.970708	0.884175	0.884156	0.93888	0.938876										
0.898907	0.898901	0.790295	0.790219	0.970708	0.970707	0.884156	0.884147	0.938876	0.938875										
0.898901	0.898899	0.790219	0.790177	0.970707	0.970707	0.884147	0.884143	0.938875	0.938874										
0.898899	0.898898	0.790177	0.790155	0.970707	0.970707	0.884143	0.884141	0.938874	0.938874										
0.898898	0.898897	0.790155	0.790142	0.970707	0.970707	0.884141	0.88414	0.938874	0.938874										
0.898897	0.898897	0.790142	0.790136	0.970707	0.970707	0.88414	0.88414	0.938874	0.938873										
0.898897	0.898897	0.790136	0.790132	0.970707	0.970707	0.88414	0.88414	0.938873	0.938873										
0.898897	0.898897	0.790132	0.79013	0.970707	0.970707	0.88414	0.88414	0.938873	0.938873										
0.898897	0.898897	0.79013	0.790129	0.970707	0.970707	0.88414	0.88414	0.938873	0.938873										
0.898897	0.898897	0.790129	0.790128	0.970707	0.970707	0.88414	0.88414	0.938873	0.938873										
0.898897	0.898897	0.790128	0.790128	0.970707	0.970707	0.88414	0.88414	0.938873	0.938873										

ANEXO E: MEMORIA FOTOGRÁFICA

