



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**
FACULTAD DE INGENIERÍA



**PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES
DE INGENIERÍA**
INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DE LAS INSTALACIONES PARA EL
SUMINISTRO Y EVACUACIÓN DE AGUA,
SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO
Y DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. PARA
LA ZONA DE COMIDA RÁPIDA DE UNA PLAZA
COMERCIAL**

TESINA

**PARA OBTENER EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN INGENIERÍA SANITARIA**

PRESENTA:

ING. JOSÉ LUIS SÁNCHEZ GALARZA

TUTOR:

ING. MIGUEL TAPIA VELASCO

MÉXICO D.F., ABRIL DE 2013

AGRADECIMIENTOS

A Dios porque me permitió llegar hasta aquí.

A mi madre, Yolanda Galarza Pichardo, con mi admiración y agradecimiento por su ejemplo y por llevarme de la mano en cada paso ya que sin ella mi existencia, y mi esencia no hubieran sido posibles.

A mi tía, Elvia Galarza Pichardo, mi segunda madre, por todo su apoyo y dedicación a mi formación profesional, y la confianza en mí, alentándome para salir adelante y hacerme sentir firme y confiado.

A mi tía, Irma Galarza Pichardo, que si bien ya no está con nosotros siempre ha sido y será motor principal para la obtención de mis logros y que sus ideas y palabras persisten en mí.

A mi hermano, Cristian Eder Sánchez Galarza, por su valioso apoyo constante, su compañía, comprensión y fortaleza. Me siento feliz de que aparte de ser mi hermano sea mi gran amigo y en esta tesina quiero felicitarlo por el buen desempeño que está mostrando en sus estudios por lo que espero siga de la misma manera en este camino.

A mi familia que me apoyó y me brindó su tiempo además de sus valores, la motivación, la unión y el sacrificio que han tenido para ahora ver un resultado que lo podemos lograr. Infinitas gracias.

Esta tesina no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional del Ing. Miguel Tapia Velasco, tutor y director de la misma, con mi admiración por su trayectoria profesional, agradecimiento por su tiempo, apoyo, sus consejos, ideas y formación.

A mis amigos que de forma directa e indirecta siempre me han apoyado y hemos podido formar un gran equipo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por su apoyo decidido, generoso y desinteresado durante mis estudios de especialización.

Al posgrado de la Facultad de Ingeniería que me permitió ampliar mis conocimientos.

Ing. José Luis Sánchez G.

Diciembre de 2012

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE PLANOS

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO

1.2 ALCANCES

1.3 ANTECEDENTES

1.3.1 LOCALIZACIÓN

1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

CAPITULO 2. MARCO LEGAL

2.1 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE SUMINISTRO Y EVACUACIÓN DE AGUA

2.2 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

2.3 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.

2.4 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL

CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

CAPITULO 4. MEMORIA DE CÁLCULO

4.1 DISEÑO DEL SUMINISTRO Y EVACUACIÓN DE AGUA

4.1.1 DISEÑO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

4.1.2 PROVISIÓN MÍNIMA DE AGUA POTABLE

4.1.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA

4.1.4 DETERMINACIÓN DE LOS MUEBLES SANITARIOS

4.1.5 DISEÑO DE LA RED INTERIOR DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

4.1.5.1 CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO INSTANTANEO

4.1.5.2 CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA RED INTERIOR DE AGUA FRÍA

4.1.6 DISEÑO DE LA RED INTERIOR DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

4.1.6.1 CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO INSTANTANEO

4.1.6.2 CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA RED INTERIOR DE AGUA CALIENTE

- 4.1.7 CÁLCULO DEL MUEBLE MÁS DESFAVORABLE**
- 4.1.8 CÁLCULO DE LA CARGA REQUERIDA**
- 4.1.9 CONTINUIDAD EN EL SUMINSTRO**
 - 4.1.9.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN A LA CISTERNA**
 - 4.1.9.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA CISTERNA Y DEL TANQUE ELEVADO**
 - 4.1.9.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CALENTADORES DE AGUA**
- 4.1.10 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO**
 - 4.1.10.1 GASTO DE BOMBEO**
 - 4.1.10.2 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN Y PÉRDIDA DE LA ENERGÍA EN LA SUCCIÓN**
 - 4.1.10.3 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE DESCARGA Y PÉRDIDA EN LA DESCARGA**
 - 4.1.10.4 CARGA DINÁMICA TOTAL**
 - 4.1.10.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA**
- 4.1.11 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y VENTILACIÓN SANITARIAS**
 - 4.1.11.1 MÉTODO DE UNIDADES MUEBLE DE GASTO**
 - 4.1.11.2 DISEÑO DE DERIVACIONES, COLUMNAS Y COLECTORES**
 - 4.1.11.3 DISEÑO DE LA RED DE VENTILACIÓN**
- 4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (SSCI)**
 - 4.2.1 CLASE DE INCENDIO Y ANÁLISIS DEL RIESGO**
 - 4.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS A PROTEGER**
 - 4.2.3 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO**
 - 4.2.4 SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EXTINTORES**
 - 4.2.5 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HIDRANTES**
 - 4.2.6 DISEÑO DE LA RED CONTRA INCENDIO**
 - 4.2.6.1 CÁLCULO DEL GASTO DE DISEÑO**
 - 4.2.6.2 CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA TUBERÍA DE LA RED DEL SSCI**
 - 4.2.6.2 CÁLCULO DE LA CARGA DE DINÁMICA TOTAL**
 - 4.2.6.2.1 CÁLCULO DE LA CARGA DE POSICIÓN (Hz)**
 - 4.2.6.2.2 CÁLCULO DE LA CARGA DE VELOCIDAD (Hv)**
 - 4.2.6.2.3 CARGA DE OPERACIÓN DEL HIDRANTE**

4.2.6.2.4 CARGA DE RESIDUAL

4.2.6.2.5 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍA (hf) Y ACCESORIOS (hm)

4.2.7 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

4.2.7.1 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE MOTOR ELÉCTRICO

4.2.7.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE MOTOR DIESEL

4.2.7.3 SELECCIÓN DE LA BOMBA JOCKEY

4.2.8 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CISTERNA

4.3 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS LP

4.3.1 CLASE DE INSTALACIÓN

4.3.2 CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

4.3.2 SELECCIÓN DE LOS MEDIDORES

4.3.4 SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1. Provisión mínima de agua potable, Normas Técnicas Complementarias del Proyecto Arquitectónico.
- Tabla 2. Cantidad mínima de muebles sanitarios según su uso y la cantidad de personas.
- Tabla 3. Cantidad de personas por planta tipo considerando toda su capacidad.
- Tabla 4. Valores del gasto unitario de los muebles y aparatos sanitarios.
- Tabla 5. Cálculo del gasto máximo instantáneo de la red interior de agua fría.
- Tabla 6. Cálculo de los diámetros de la red interior de agua fría.
- Tabla 7. Cálculo del gasto máximo instantáneo de la red interior de agua caliente.
- Tabla 8. Cálculo de los diámetros de la red interior de agua caliente.
- Tabla 9. Longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondientes a distintos elementos singulares de las redes hidráulicas.
- Tabla 10. Cálculo de las pérdidas de la trayectoria al mueble del nodo R2
- Tabla 11. Cálculo de las pérdidas de la trayectoria al mueble del nodo A2
- Tabla 12. Cantidad de personas por día en las distintas zonas.
- Tabla 13. Especificaciones técnicas del calentador de paso.
- Tabla 14. Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (En metros de tubería recta).
- Tabla 15. Cálculo de carga dinámica total con respecto al gasto.
- Tabla 16. Recopilación de datos de diferentes bombas de la marca Pedrollo.
- Tabla 17. Unidades mueble de desagüe.
- Tabla 18. Capacidad máxima en unidad mueble para albañales y ramales de albañal para diversas pendientes.
- Tabla 19. Capacidad máxima de columnas de desagüe en unidad mueble.
- Tabla 20. Longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación.
- Tabla 21. Longitud máxima de columnas de ventilación en metros.
- Tabla 22. Cálculo de los diámetros de la Red de Drenaje.
- Tabla 23. Distancias máximas de recorrido por tipo de riesgo y clase de fuego.
- Tabla 24. Clase de fuego y agente extintor aplicable.
- Tabla 25. Cálculo del gasto en la tubería del SSCI.

Tabla 26. Pérdidas de fricción en tuberías de acero cédula 40 en 100 pies de longitud del Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de América.

Tabla 27. Selección del diámetro en la tubería de descarga del SSCI.

Tabla 28. Selección del diámetro en la tubería de succión del SSCI.

Tabla 29. Cálculo de la carga de velocidad en la tubería de descarga del SSCI.

Tabla 30. Cálculo de la carga de velocidad en la tubería de succión del SSCI.

Tabla 31. Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería y accesorios del SSCI.

Tabla 32. Consumos típicos en baja presión regulada.

Tabla 33. Consumos de los distintos aparatos de la red.

Tabla 34. Cálculo del consumo total de la red.

Tabla 35. Especificaciones técnicas del regulador de la serie 597F.

Tabla 36. Factores de cálculo de tubería en alta presión regulada

Tabla 37. Longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondientes a distintos elementos.

Tabla 38. Cálculo de la longitud total de la tubería.

Tabla 39. Cálculo del caudal por tipo de red de distribución de gas L.P.

Tabla 40. Especificaciones técnicas del regulador de la serie LV4403B.

Tabla 41. Factores de baja presión, para el cálculo de la caída de presión porcentual.

Tabla 42. Cálculo del diámetro y la pérdida de presión porcentual.

Tabla 43. Cálculo de la pérdida de presión total por aparato.

Tabla 44. Cálculo del diámetro y la pérdida de presión porcentual.

Tabla 45. Cálculo de la pérdida de presión total por aparato.

Tabla 46. Cálculo del diámetro y la pérdida de presión porcentual.

Tabla 47. Cálculo de la pérdida de presión total por aparato.

Tabla 48. Especificaciones de tanques estacionarios de la marca Armebe.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del predio de la plaza comercial.

Figura 2. Planta tipo 1, zona de comida rápida.

Figura 3. Planta tipo 2, zona de restaurante.

Figura 4. Curva del sistema y curvas características de diferentes bombas.

Figura 5. Distribución y cobertura de hidrantes y extintores en la planta tipo 1 (zona de comida rápida).

Figura 6. Distribución y cobertura de hidrantes y extintores en la planta tipo 2 (zona de restaurante).

Figura 7. Curva característica número PT67-3-0-3000 de una bomba Armstrong de la serie 4302.

Figura 8. Reducción de la potencia de la bomba de motor diesel con respecto a la altura sobre el nivel del mar.

Figura 9. Distribución del primer tipo de red.

Figura 10. Distribución del segundo tipo de red.

Figura 11. Distribución del tercer tipo de red.

ÍNDICE DE PLANOS

1. Arquitectónico
2. Detalles
3. Diseño de agua fría
4. Detalle plata tipo 1 agua fría
5. Detalle plata tipo 2 agua fría
6. Diseño de agua caliente
7. Detalle plata tipo 1 agua caliente
8. Detalle plata tipo 2 agua caliente
9. Diseño de instalación de aprovechamiento de gas L.P.
10. Detalle plata tipo 1 instalación de aprovechamiento de gas L.P.
11. Detalle plata tipo 2 instalación de aprovechamiento de gas L.P.
12. Diseño de evacuación y ventilación de agua residual
13. Diseño de sistema de seguridad contra incendio

1. INTRODUCCIÓN

Esta tesina pretende demostrar una aplicación de los conocimientos adquiridos a lo largo de la Especialización en Ingeniería Sanitaria en el módulo de Instalaciones mediante el diseño de tres sistemas: instalación de suministro y evacuación de agua, el sistema de seguridad contra incendios y de aprovechamiento de gas LP en un inmueble comercial ubicado en el Valle de México.

El diseño de estos sistemas tiene como objetivo principal el ofrecer el máximo nivel de seguridad y confort para los usuarios del inmueble.

Los objetivos de un sistema de suministro y evacuación de agua incluyen contar con el gasto, la presión y la cantidad suficiente de agua potable para que el sistema funcione correctamente, además del alejamiento rápido de las aguas residuales y evitar que pasen por ambientes habitables.

Los dos objetivos primarios de un sistema de seguridad contra incendio son salvar vidas y resguardar la propiedad. Un objetivo secundario es minimizar interrupciones a los servicios debido a un incendio.

El objetivo de una instalación de aprovechamiento de gas LP es asegurar el correcto funcionamiento de los quemadores en los aparatos de consumo a los que esa instalación sirve, haciéndolo bajo un mismo criterio: de forma segura y controlada.

En este primer capítulo se establece el objetivo, los antecedentes y alcances del proyecto, seguido del marco legal aplicable para cada instalación, siendo éstas las bases que en los posteriores capítulos se aplicarán de forma específica al diseño de las instalaciones.

Diseñar una instalación implica encontrar el balance adecuado entre la presión y el diámetro de la tubería, eligiendo la relación económicamente más favorable, dentro de las limitaciones o especificaciones que nos señalan las normas aplicables.

Cuando se requiere que las condiciones de operación cambien en una instalación ya construida, el cálculo se muestra como la solución única para decidir si se tiene que modificar su diámetro o no. Esto tiene la finalidad de hacer más sencilla la adecuación futura de la instalación dentro de los límites razonables definidos de acuerdo con el resto del equipo de diseñadores, ya que se estará considerando en tener una infraestructura apta para posibles cambios a futuro, de ahí la importancia de considerarse y de evaluar su factibilidad al momento de diseñar.

1.1 OBJETIVO

El proyecto trata del diseño de las instalaciones de suministro y evacuación de agua, el sistema de seguridad contra incendios y de aprovechamiento de gas LP de una zona de comida rápida de una plaza comercial, considerando la normatividad aplicable respectivamente.

El diseño del sistema de suministro y evacuación de agua se realizará con la finalidad de que se cumplan los tres conceptos fundamentales:

- Contar con agua potable en cantidad suficiente, presión adecuada y continuidad en el servicio.
- Alejamiento rápido de las aguas residuales.

- Evitar que los gases de los tubos que conducen las aguas servidas pasen a los ambientes habitables.

El diseño del sistema de seguridad contra incendios se hará de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad - Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo además de tomar en cuenta las normas NFPA (National Fire Protection Association) para dar una mayor seguridad.

El diseño del sistema de aprovechamiento de gas LP se diseñará de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004, Instalaciones de aprovechamiento de gas LP. Diseño y Construcción. Serán destinados únicamente para el área de comida rápida y el área del restaurante.

Se incluirá además, una sección para considerar y analizar los cambios en el diseño de la instalación de aprovechamiento para utilizar gas natural, previendo un posible cambio de operación en el futuro, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SECRE-2003, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural.

Como sabemos en México el gas LP es la principal alternativa de combustible ya que llega a más de 90 millones de mexicanos a través del uso doméstico (ocho de cada diez hogares mexicanos utilizan este energético), industrial y de carburación automotriz, sin embargo, existe otra opción que es la de utilizar gas natural.

Esto se debe a que las reformas a la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo (las cuales permiten la participación del sector social y privado en el transporte, almacenamiento y distribución de este energético, reservando al Estado su producción) las redes de gasoductos se extendieron por todo el país y siendo ya 22 zonas geográficas de distribución, entre ellas el Distrito Federal, se ha pensado en considerarse como una opción a futuro y así tener lista la infraestructura del inmueble para ello.

1.2 ALCANCES

Al tratarse de la zona de comida rápida de una plaza comercial, para el diseño de suministro de agua se diseñará la instalación de agua fría y de agua caliente.

No se contempla el diseño de la red de drenaje pluvial por estar fuera del alcance del proyecto.

El dimensionamiento de la cisterna se realizará considerando tanto el volumen de almacenamiento para uso potable como para el uso del sistema de seguridad contra incendio.

En lo que respecta al sistema de seguridad contra incendio se diseñará con hidrantes y extintores, por lo que no incluirá componentes de señalización y detección.

El diseño de la instalación de aprovechamiento de gas LP constará de los dispositivos para recibir y/o almacenar gas LP, dirigir y controlar su flujo.

Además se hará el análisis considerando la instalación para aprovechamiento de gas natural para la posible conexión en un futuro.

Se darán recomendaciones para su mantenimiento, pero no se cubrirán los requisitos para la inspección periódica, prueba y mantenimiento de los sistemas.

1.3 ANTECEDENTES

1.3.1 LOCALIZACIÓN

El predio de la plaza comercial se encuentra ubicado sobre la Avenida Insurgentes Norte, esquina con la Avenida Ricardo Flores Magón en la delegación Cuauhtémoc, Distrito Federal, a un lado de la antigua estación de ferrocarriles Buenavista, ahora estación del tren suburbano.



Figura 1. Localización del predio de la plaza comercial. Fuente: <http://maps.google.com.mx/>

1.3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

La Plaza comercial urbana se puede definir como una agrupación de tiendas departamentales, a las que se integran pequeños comercios; se unen por medio de circulaciones internas que desembocan en plazas, las cuales se convierten en el elemento característico que a la vez sirve de entretenimiento y descanso.

El diseño tanto interior como exterior de la plaza es multifuncional, debido a que estos lugares son utilizados para las compras, pero también como lugares de reunión y encuentro entre familia, amigos y pareja.

El inmueble cuenta con cinco niveles: sótano, planta baja, primer nivel, segundo nivel y tercer nivel, con una altura de entrepisos de 4.5 metros.

El programa arquitectónico cuenta con: zona exterior, zona de servicios y zona de locales. En la zona exterior se considera el acceso peatonal, el vehicular, el estacionamiento de usuarios y clientes y áreas verdes. En la zona de servicios incluye escaleras, elevadores de servicio, baños públicos (hombres y mujeres), salidas de emergencia y oficina administrativa de la plaza. En la zona de locales contempla secciones de moda, comida rápida, restaurantes, entretenimiento, salud y belleza, calzado, productos alimenticios, joyería, relojería y accesorios, hogar y decoración, electrónica y música, deportes, cajeros.

El proyecto contempla el diseño de las instalaciones de suministro y evacuación de agua para la zona de comida rápida y la zona del restaurante, además de los baños públicos ubicados en la planta baja del edificio, que si bien no se encuentran dentro de las áreas de interés, también se diseñaran ya que formarán parte de la misma red hidrosanitaria.

Los diseños del sistema de seguridad contra incendios, de aprovechamiento de gas L.P. y de gas natural, se limitarán únicamente para las zonas de interés.

2. MARCO LEGAL

2.1 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE SUMINISTRO Y EVACUACIÓN DE AGUA

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL

Expedido por Andrés Manuel López Obrador, Jefe de Gobierno del Distrito Federal. Fue publicado en la gaceta oficial del Distrito Federal el 29 de Enero de 2004

CAMPO DE APLICACIÓN:

Las obras de construcción, instalación, modificación, ampliación, reparación y demolición, así como el uso de las edificaciones y los usos, destinos y reservas de los predios del territorio del Distrito Federal, deben sujetarse a las disposiciones de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y su Reglamento; de este Reglamento, sus Normas Técnicas Complementarias y demás disposiciones jurídicas y administrativas aplicables.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

De este reglamento se revisaron sus artículos 124, 125, 126, 127 y 128 correspondientes al capítulo VI de las instalaciones, Sección primera, de las instalaciones hidráulicas y sanitarias que hacen mención a los requerimientos que deben satisfacer estas instalaciones.

NORMA TECNICA COMPLEMENTARIA PARA EL PROYECTO ARQUITECTONICO

Expedida por Lic. Fernando Aboitiz Saro, Secretario de Obras y Servicios del Gobierno de Distrito. Fue publicada en la gaceta oficial del Distrito Federal el 8 de Febrero de 2011

CAMPO DE APLICACIÓN:

Estas Normas se aplicarán en todos los trabajos de diseño y ejecución de obras e instalaciones que realicen o pretendan realizar el Gobierno y los particulares, dentro del Distrito Federal. En los casos de ampliaciones, modificaciones o reparaciones que alteren las condiciones originales del inmueble en cuanto a su distribución, aplicará todo lo previsto en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal para obra nueva.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

De tal norma se revisó particularmente el Capítulo 3 referente a la determinación de la provisión mínima de agua potable y el Capítulo 6 referente a los requerimientos que deben satisfacer las instalaciones hidráulicas y sanitarias.

2.2 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

La metodología basada en normas predefinidas y obligatorias apunta al uso de edificios modelo y normas contra incendio para determinar la protección contra incendio apropiada para un edificio o local específico.

NOM-002-STPS-2010, CONDICIONES DE SEGURIDAD-PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN
CONTRA INCENDIOS EN LOS CENTROS DE TRABAJO

Expedida por Javier Lozano Alarcón, Secretario del Trabajo y Previsión Social.

CAMPO DE APLICACIÓN:

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

De esta norma se revisó particularmente el Capítulo 7 referente a las Condiciones de prevención y protección contra incendios y el Apéndice A referente a la clasificación del riesgo de incendio.

NORMAS NFPA

Las normas de los sistemas de seguridad contra incendio hacen referencia a estándares de diseño e instalación, tales como los hidrantes, rociadores y las alarmas. Los estándares de diseño que son más frecuentemente citados se encuentran en las normas de la NFPA (National Fire Protection Association) de los Estados Unidos de América.

Es por la amplia credibilidad de dicha asociación que se diseñará tomando en cuenta las Normas NFPA para un mejor complemento.

NFPA 10: NORMA PARA EXTINTORES PORTÁTILES CONTRA INCENDIOS

Expedida por la National Fire Protection Association o NFPA como de ahora en adelante la llamaremos, la cual fue preparada por el Comité Técnico sobre Extintores Portátiles contra incendios y deliberó y fue considerada por la NFPA el 8 de Junio del 2006, en Orlando Florida. Fue emitida por el Consejo de Normas con fecha del 28 de Julio del 2006. Fue liberada para su publicación con una fecha efectiva de 17 de Agosto del 2006, además de ser aprobada como una norma del American National Standards Institute (ANSI) el 17 de Agosto del 2006.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Las estipulaciones de esta norma se dirigen a los requisitos mínimos de la selección, instalación, inspección, mantenimiento y prueba de equipos portátiles.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

De dicha norma se revisó principalmente el Capítulo 5 referente a la selección de extintores, la determinación del tipo de fuego que se puede producir en el inmueble, el tipo de riesgo de la instalación y la clase de extintor a utilizar y el Capítulo 6 referente a la determinación de la distribución, la cantidad, disposición, colocación, tamaño y localización de extintores.

NFPA 14: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE TUBERÍA VERTICAL Y DE MANGUERAS

Expedida por la National Fire Protection Association (NFPA), la cual fue preparada por el Comité Técnico en Tuberías Verticales y protocolizada por la NFPA en su Reunión Técnica celebrada entre el 4 y el 8 de Junio del 2006, en Orlando Florida. Fue publicada por el Consejo de Normas el 28 de Julio del 2006, con una fecha efectiva el 17 de Agosto del 2006, además de ser aprobada el 17 de Agosto del 2006 como una Norma Nacional Americana.

CAMPO DE APLICACIÓN:

La norma contiene los requisitos mínimos para la instalación de sistemas de tubería vertical y manguera para la protección del fuego.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

En esta norma se revisó primordialmente el Capítulo 5 referente a los requisitos y a la determinación del tipo de sistema, el Capítulo 6 referente a la ubicación de la tubería, válvulas y piezas especiales y el Capítulo 7 referente al diseño de la instalación, como son los requisitos generales de presión máxima, tamaños mínimos para tuberías verticales y líneas derivadas, dimensionamiento de la tubería para suplir la demanda del sistema, además de los cálculos de las pérdidas por fricción y del suministro de agua requerida.

NFPA 20: NORMA PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS ESTACIONARIAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Expedida por la National Fire Protection Association (NFPA), la cual fue preparada por el Comité Técnico sobre Bombas contra Incendio. Emitida por el Consejo de Normas el 28 de julio del 2006, con fecha efectiva del 17 de agosto de 2006. Fue aprobada el 17 de agosto de 2006 como Norma Nacional Estadounidense.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta norma es aplicable a bombas centrífugas de una etapa y multietapas de diseño de eje horizontal o vertical y bombas de desplazamiento positivo de diseño de eje horizontal o vertical. Se establecen requerimientos para el diseño e instalación de bombas de etapa única y multietapas, motores de bombas y equipamiento asociado para protección contra incendio

APLICACIÓN AL DISEÑO:

En esta norma se revisó lo relativo a la selección e instalación de bombas que suministran líquido a los sistemas de protección contra incendio, equipamiento de succión, de descarga y auxiliar y sus respectivas generalidades.

2.3 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.

NOM-004-SEDG-2004, INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Expedida por la Secretaría de Energía.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta Norma Oficial Mexicana establece las especificaciones técnicas mínimas de seguridad para el diseño, construcción y modificación de las instalaciones fijas y permanentes de aprovechamiento de Gas L.P., así como el procedimiento para la evaluación de la conformidad.

En instalaciones que reciben Gas L.P. proveniente de una red de distribución, esta Norma aplica a partir del medidor del usuario.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

De dicha norma se revisó principalmente el Capítulo 4 referente a la clasificación y determinación del tipo de instalación, el Capítulo 6 que se refiere a las especificaciones de los componentes de la instalación, que son los requisitos para el cálculo de los diámetros de las tuberías, de los caudales volumétricos y de la caída de presión porcentual y el Capítulo 10 referente a los sistemas de protección contra incendio, sus requisitos generales como lo son la determinación del equipo a considerar, su ubicación, gasto y presión de bombeo.

2.4 NORMATIVIDAD APLICABLE PARA EL DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-SECRE-2003, INSTALACIONES DE APROVECHAMIENTO DE GAS NATURAL

Expedida por la Comisión Reguladora de Energía.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Esta norma es aplicable a las instalaciones que conduzcan gas natural desde la salida del medidor o de una estación de regulación y medición, hasta la válvula de seccionamiento anterior a cada uno de los aparatos de consumo, para lo cual, el usuario o responsable de la instalación deben cumplir los requisitos establecidos en esta Norma.

APLICACIÓN AL DISEÑO:

De esta norma se revisó el Capítulos 5 que se refiere a la clasificación y determinación del tipo de instalación de aprovechamiento y el Capítulo 6 referente a los requisitos generales para el diseño de las instalaciones de aprovechamiento los cuales son la presión de operación y la caída de presión máxima permitida.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto que a continuación se presenta incluye el diseño del suministro y evacuación del agua, el diseño del sistema de seguridad contra incendio, el diseño de aprovechamiento de gas L.P. y de gas natural de una plaza comercial, limitando el diseño para el área de comida rápida que se contempla en dos niveles del edificio y el área de un restaurante que se encuentra en el tercer nivel del edificio.

Las áreas de interés de cada nivel tienen la misma forma geométrica por lo que tienen la misma área, siendo ésta de 1270.641 m².

En los niveles primero y segundo para el área de comida rápida están distribuidos de la misma forma, compuestos por ocho locales independientes en los cuales incluyen el área de cocina, área de cajas y entrega, bodega de alimentos y oficina administrativa, a su vez los niveles cuentan con un área de comensales, baños públicos, elevadores de servicio y escaleras.

El tercer nivel está distribuido de la siguiente manera: por un área de recepción, área de comensales, área de caja, cocina, bodega de alimentos y sanitarios.

En la azotea se encuentra una torre en donde descansarán los depósitos elevados para satisfacer el suministro de agua potable, además de las áreas definidas para los tanques estacionarios para el aprovechamiento de gas L.P.

Los pasillos de servicio de cada nivel cuentan con rejillas louver con la finalidad de dar ventilación a las instalaciones, además de ser la zona donde se instalarán todas las tuberías principales (Ver a detalle en plano *ARQUITECTÓNICO*).

El diseño de las instalaciones es simple y moderno, la selección de los materiales es definida a partir de su costo, eficiencia, durabilidad, mantenimiento y reposición por lo tanto utiliza materiales como acero y cobre.

4. MEMORIA DE CÁLCULO

4.1 DISEÑO DEL SUMINISTRO Y EVACUACIÓN DE AGUA

4.1.1 DISEÑO DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE

El diseño del suministro de agua potable se llevó a cabo como sistema de abastecimiento directo con bombeo a depósito elevado, para de esta manera garantizar el suministro que fijan las normas y evitar una posible irregularidad del gasto proporcionado por la red pública, además de aprovechar la gravedad para abastecer a todos y cada uno de los muebles sanitarios y que ésto se vea reflejado en un ahorro en el costo, evitando la compra y posterior mantenimiento de un sistema hidroneumático.

Para facilitar el diseño de las instalaciones la edificación se dividió por plantas tipo; dado que el primer nivel es similar al segundo, a ambos se les define como planta tipo 1, al tercer nivel se le definió como planta tipo 2, sin embargo, en cada diseño se definió la forma más conveniente.

4.1.2 PROVISIÓN MÍNIMA DE AGUA POTABLE

Las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico, en su Capítulo 3, hacen mención de que la provisión de agua potable en las edificaciones para locales comerciales en general no será inferior a la establecida en la Tabla 3.1.

Tabla 1. Provisión mínima de agua potable, Normas Técnicas Complementarias del Proyecto Arquitectónico.

TIPO DE EDIFICACIÓN	DOTACIÓN MÍNIMA (En litros)
HABITACIONAL	
Vivienda	150 l/hab./día
COMERCIAL	
Abasto y almacenamiento	
Mercados públicos	100 l/puesto/día
Locales comerciales en general	6 l/m ² /día
Alimentos y bebidas	
Cafés, restaurantes, bares, etc.	12 l/comensal/día

Con base en lo anterior, se diseñará el sistema con una dotación de 6 l/m²/día.

4.1.3 DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA

Para llevar a cabo el diseño de la instalación de distribución de agua fría, se analiza de qué manera influirán las condiciones de la red pública de abastecimiento en cuanto a gasto, presión y continuidad del suministro y así poder efectuar el trazo.

Se diseñó como sistema de abastecimiento con bombeo a depósito elevado debido a que el edificio así lo permite, además de que así se aseguran las condiciones esenciales del diseño.

4.1.4 DETERMINACIÓN DE LOS MUEBLES SANITARIOS

Según las normas técnicas complementarias tenemos:

El número de muebles sanitarios que deben tener las diferentes edificaciones no será menor al indicado en la Tabla 2.

Tabla 2. Cantidad mínima de muebles sanitarios según su uso y la cantidad de personas.

TIPOLOGÍA	MAGNITUD	INODOROS	LAVABOS	REGADERAS
Servicios de alimentos y bebidas	Hasta 100 personas	2	2	0
	De 101 a 200	4	4	0
	Cada 100 adicionales o fracción	2	2	0

Habitantes:

Tabla 3. Cantidad de personas por planta tipo considerando toda su capacidad.

Zona de locales comerciales (Planta Tipo 1)	
Concepto	No. de personas
Empleados	40
Comensales	72
Limpieza	2
TOTAL	114
Zona de restaurante (Planta Tipo 2)	
Concepto	No. de personas
Empleados	16
Comensales	80
Limpieza	3
TOTAL	99

La Figura 2 muestra la planta tipo 1, que es la zona de locales.

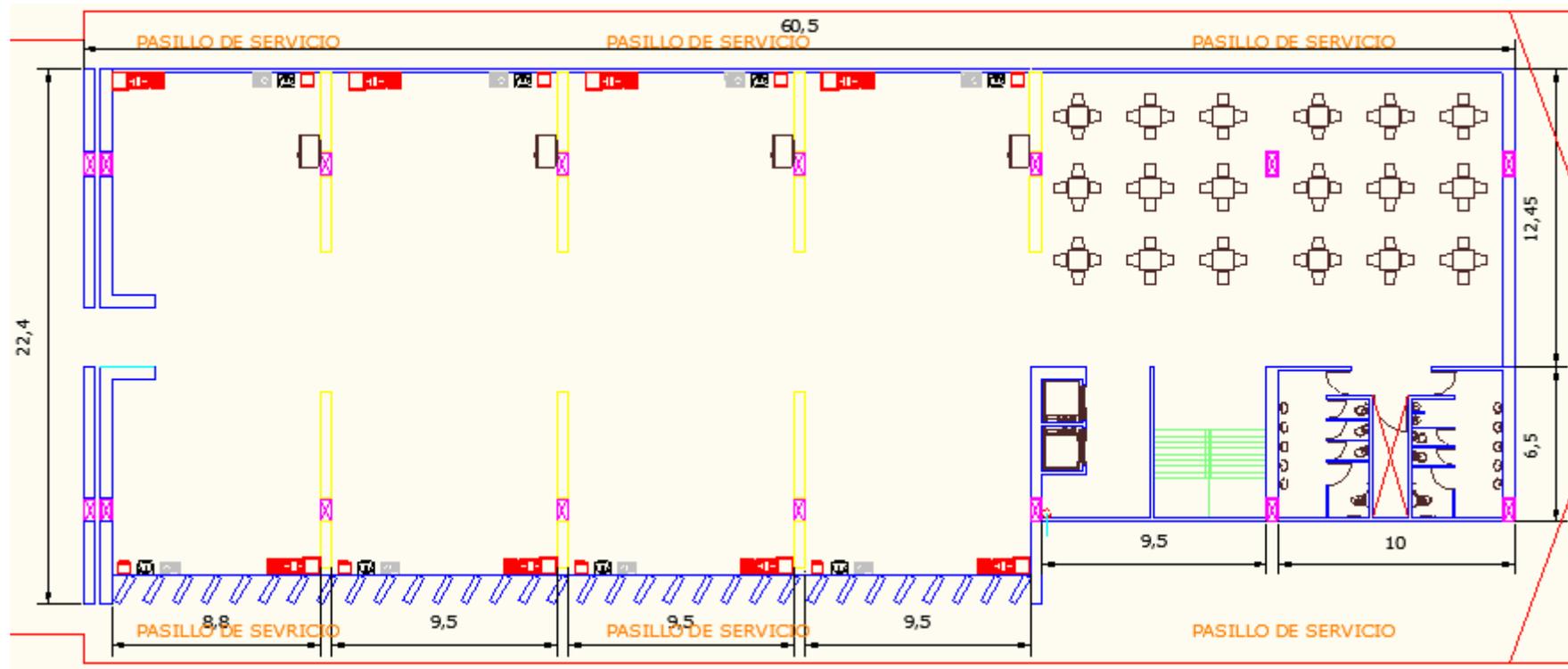


Figura 2. Planta tipo 1, zona de comida rápida.

La Figura 3 muestra la planta tipo 2, que es la zona del restaurante.

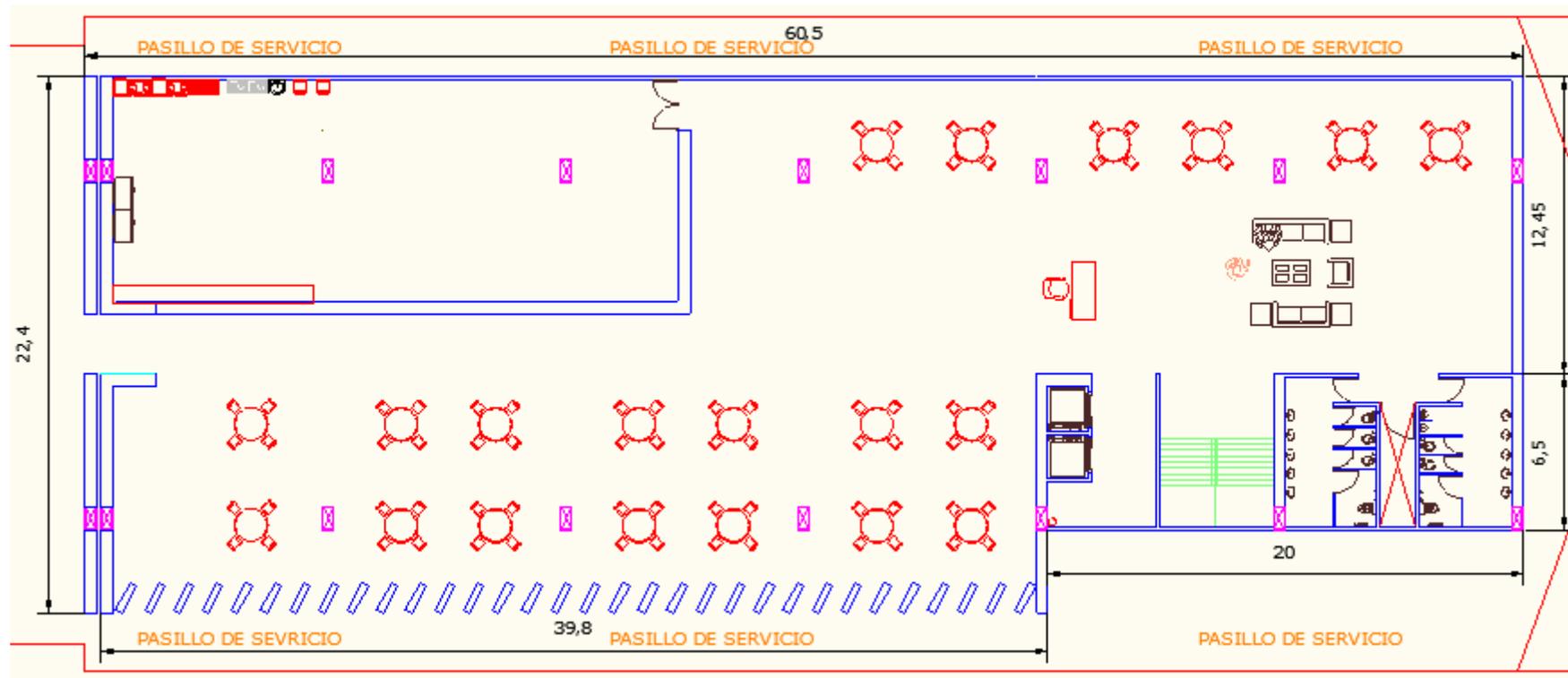


Figura 3. Planta tipo 2, zona de restaurante.

En el proyecto arquitectónico se consideró un baño público tanto para cada uno de los niveles como para el área de comida rápida y el área del restaurante, que comprende sanitarios para damas y caballeros (considera discapacitados para ambos sexos). El sanitario de damas cuenta con 5 lavabos, 4 WC fluxómetro y 1 fregadero; el de caballeros cuenta con 5 lavabos, 3 WC fluxómetro, 2 mingitorios ecológicos y 1 fregadero.

Por cada planta tipo se está cumpliendo con la cantidad mínima de muebles sanitarios que establecen Las Normas Técnicas Complementarias para el Proyecto Arquitectónico.

4.1.5 DISEÑO DE LA RED INTERIOR DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FRÍA

El criterio a seguir para la selección de la tubería es el de considerar su costo, mantenibilidad, durabilidad y maniobrabilidad, por lo que se seleccionó tubería de cobre rígido tipo M, ya que esta tubería da un servicio que no requiere mantenimiento, es decir, es confiable, tiene una larga duración, además de que sus propiedades le permiten tener resistencia a la corrosión, y menores pérdidas debidas a la fricción con respecto al acero, así como también poseer la facilidad de ejecución de uniones y cortes.

4.1.5.1 CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO INSTANTANEO

El gasto máximo instantáneo es el máximo caudal que se puede presentar en un momento dado en el sistema.

El método que se utilizó para calcular el gasto máximo instantáneo, fue el método francés debido a que la cantidad de muebles y aparatos sanitarios es reducida. Este método utiliza un coeficiente de simultaneidad que depende directamente del número de muebles y aparatos sanitarios en funcionamiento y del tipo de uso del edificio. El coeficiente de simultaneidad se determina en función del número de llaves, con la siguiente expresión:

$$k = \frac{1}{\sqrt{n - 1}}$$

En donde n es igual al número de llaves de la instalación, para $n > 1$

El gasto máximo instantáneo, representado por Q_{mi} , se considera como la suma de todos los consumos por aparato, multiplicados por el coeficiente de simultaneidad:

$$Q_{mi} = \sum q * k$$

En donde: q es el consumo por aparato

En la Tabla 4 se presenta el consumo por aparato.

Tabla 4. Valores del gasto unitario de los muebles y aparatos sanitarios.

MUEBLE O APARATO SANITARIO	GASTO (l/s)
Bebedero	0.05
Lavabo	0.10
Regadera	0.20
Bidé	0.10
Tina de baño completa	0.30
Tina de baño media	0.20
Inodoro de tanque	0.10
Fluxómetro	2.00
Urinario de lavado continuo	0.05
Urinario de tanque	0.10
Fregadero de vivienda	0.15
Fregadero de restaurante	0.30
Lavadero	0.10
Vertedero	0.20
Placa turca	0.10
Lavavajillas	0.20
Lavadora automática	0.20
Llave aislada	0.15
Llave de garaje	0.30
Boca de riego de 30 mm de diámetro	1.00

Fuente: Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1997.

El cálculo del gasto máximo instantáneo de cada tramo de la red se presenta en la Tabla 5, en donde los tramos y/o derivaciones se pueden consultar en el plano *DISEÑO AGUA FRÍA*.

Tabla 5. Cálculo del gasto máximo instantáneo de la red interior de agua fría.

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
PLANTA TIPO 1								
A-B	FREGADERO	1	0.30	0.3	1	1	0.3	0.0003
B-C	FREGADERO	1	0.30	0.4	2	1	0.4	0.0004
	LAVABO	1	0.10					
C-D	FREGADERO	1	0.30	0.6	3	0.707106781	0.42426407	0.000424264
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	1	0.20					
D-E	FREGADERO	2	0.30	0.9	4	0.577350269	0.51961524	0.000519615
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	1	0.20					
E-F	FREGADERO	2	0.30	1	5	0.5	0.5	0.0005
	LAVABO	2	0.10					
	LAVAVAJILLA	1	0.20					
F-G	FREGADERO	2	0.30	1.2	6	0.447213595	0.53665631	0.000536656
	LAVABO	2	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
G-H	FREGADERO	3	0.30	1.5	7	0.40824829	0.61237244	0.000612372
	LAVABO	2	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
H-I	FREGADERO	3	0.30	1.6	8	0.377964473	0.60474316	0.000604743
	LAVABO	3	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
I-J	FREGADERO	3	0.30	1.8	9	0.353553391	0.6363961	0.000636396
	LAVABO	3	0.10					
	LAVAVAJILLA	3	0.20					
J-K	FREGADERO	4	0.30	2.1	10	0.333333333	0.7	0.0007
	LAVABO	3	0.10					
	LAVAVAJILLA	3	0.20					
K-L	FREGADERO	4	0.30	2.2	11	0.316227766	0.69570109	0.000695701
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	3	0.20					

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
L-M	FREGADERO	4	0.30	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
M-N	FREGADERO	4	0.30	2.7	15	0.267261242	0.72160535	0.000721605
	LAVABO	7	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
N-O	FREGADERO	4	0.30	2.9	17	0.25	0.725	0.000725
	LAVABO	9	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
O-Y	FREGADERO	5	0.30	3.2	18	0.242535625	0.776114	0.000776114
	LAVABO	9	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
P-Q	NO REQUIEREN AGUA, YA QUE SE PROPONEN MINGITORIOS ECOLOGICOS							
Q-Y	WC FX	3	2.00	6	3	0.707106781	4.24264069	0.004242641
R-S	WC FX	3	2.00	6	3	0.707106781	4.24264069	0.004242641
S-X	WC FX	4	2.00	8	4	0.577350269	4.61880215	0.004618802
T-U	LAVABO	3	0.10	0.3	3	0.707106781	0.21213203	0.000212132
U-V	LAVABO	5	0.10	0.5	5	0.5	0.25	0.00025
V-W	LAVABO	5	0.10	0.8	6	0.447213595	0.35777088	0.000357771
	FREGADERO	1	0.30					
AA-BB	LAVAVAJILLA	1	0.20	0.2	1	1	0.2	0.0002
BB-CC	LAVAVAJILLA	1	0.20	0.3	2	1	0.3	0.0003
	LAVABO	1	0.10					
CC-DD	LAVAVAJILLA	1	0.20	0.6	3	0.707106781	0.42426407	0.000424264
	LAVABO	1	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					
DD-EE	LAVAVAJILLA	2	0.20	0.8	4	0.577350269	0.46188022	0.00046188
	LAVABO	1	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					
EE-FF	LAVAVAJILLA	2	0.20	0.9	5	0.5	0.45	0.00045
	LAVABO	2	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
FF-GG	LAVAVAJILLA	2	0.20	1.2	6	0.447213595	0.53665631	0.000536656
	LAVABO	2	0.10					
	FREGADERO	2	0.30					
GG-HH	LAVAVAJILLA	3	0.20	1.4	7	0.40824829	0.57154761	0.000571548
	LAVABO	2	0.10					
	FREGADERO	2	0.30					
HH-II	LAVAVAJILLA	3	0.20	1.5	8	0.377964473	0.56694671	0.000566947
	LAVABO	3	0.10					
	FREGADERO	2	0.30					
II-JJ	LAVAVAJILLA	3	0.20	1.8	9	0.353553391	0.6363961	0.000636396
	LAVABO	3	0.10					
	FREGADERO	3	0.30					
JJ-KK	LAVAVAJILLA	4	0.20	2	10	0.333333333	0.66666667	0.000666667
	LAVABO	3	0.10					
	FREGADERO	3	0.30					
KK-LL	LAVAVAJILLA	4	0.20	2.1	11	0.316227766	0.66407831	0.000664078
	LAVABO	4	0.10					
	FREGADERO	3	0.30					
LL-W	LAVAVAJILLA	4	0.20	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	FREGADERO	4	0.30					
W-X	LAVAVAJILLA	4	0.20	3.2	18	0.242535625	0.776114	0.000776114
	LAVABO	9	0.10					
	FREGADERO	5	0.30					
X-Y	LAVAVAJILLA	4	0.20	11.2	22	0.21821789	2.44404037	0.00244404
	LAVABO	9	0.10					
	FREGADERO	5	0.30					
	WC FX	4	2.00					
PLANTA TIPO 2								
A2-B2	FREGADERO	2	0.30	0.6	2	1	0.6	0.0006
B2-C2	FREGADERO	2	0.30	0.7	3	0.707106781	0.49497475	0.000494975
	LAVABO	1	0.10					

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m³/s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
C2-M2	FREGADERO	2	0.30	1.1	5	0.5	0.55	0.00055
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
M2-N2	FREGADERO	2	0.30	1.4	8	0.377964473	0.52915026	0.00052915
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
N2-O2	FREGADERO	2	0.30	1.6	10	0.333333333	0.53333333	0.000533333
	LAVABO	6	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
O2-Y2	FREGADERO	3	0.30	1.9	11	0.316227766	0.60083276	0.000600833
	LAVABO	6	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
P2-Q2	NO REQUIEREN AGUA, YA QUE SE PROPONEN MINGITORIOS ECOLOGICOS							
Q2-Y2	WC FX	3	2.00	6	3	0.707106781	4.24264069	0.004242641
R2-S2	WC FX	3	2.00	6	3	0.707106781	4.24264069	0.004242641
S2-X2	WC FX	4	2.00	8	4	0.577350269	4.61880215	0.004618802
T2-U2	LAVABO	3	0.10	0.3	3	0.707106781	0.21213203	0.000212132
U2-V2	LAVABO	5	0.10	0.5	5	0.5	0.25	0.00025
V2-X2	LAVABO	5	0.10	0.8	6	0.447213595	0.35777088	0.000357771
	FREGADERO	1	0.30					
X2-Y2	WC FX	4	2	8.8	10	0.333333333	2.93333333	0.002933333
	LAVABO	5	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					
PLANTA TIPO 3								
M3-N3	LAVABO	3	0.10	0.3	3	0.707106781	0.21213203	0.000212132
N3-O3	LAVABO	5	0.10	0.5	5	0.5	0.25	0.00025
O3-Y3	LAVABO	5	0.10	0.8	6	0.447213595	0.35777088	0.000357771
	FREGADERO	1	0.30					
P3-Q3	NO REQUIEREN AGUA, YA QUE SE PROPONEN MINGITORIOS ECOLOGICOS							
Q3-Y3	WC FX	3	2.00	6	3	0.707106781	4.24264069	0.004242641
R3-S3	WC FX	3	2.00	6	3	0.707106781	4.24264069	0.004242641
S3-X3	WC FX	4	2.00	8	4	0.577350269	4.61880215	0.004618802

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
T3-U3	LAVABO	3	0.10	0.3	3	0.707106781	0.21213203	0.000212132
U3-V3	LAVABO	5	0.10	0.5	5	0.5	0.25	0.00025
V3-X3	LAVABO	5	0.10	0.8	6	0.447213595	0.35777088	0.000357771
	FREGADERO	1	0.30					
X3-Y3	WC FX	4	2.00	8.8	10	0.333333333	2.93333333	0.002933333
	LAVABO	5	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					
TRAMOS DE COLUMNA								
Y3-Y1	LAVABO	10	0.10	15.6	19	0.23570226	3.67695526	0.003676955
	FREGADERO	2	0.30					
	WC FX	7	2.00					
Y1-Y	LAVABO	28	0.10	36	62	0.12803688	4.60932768	0.004609328
	FREGADERO	12	0.30					
	WC FX	14	2.00					
	LAVAVAJILLA	8	0.20					
Y-Y2	LAVABO	46	0.10	56.4	105	0.098058068	5.53047501	0.005530475
	FREGADERO	22	0.30					
	WC FX	21	2.00					
	LAVAVAJILLA	16	0.20					
Y2-Z (TANQUE)	LAVABO	57	0.10	73.1	129	0.088388348	6.46118821	0.006461188
	FREGADERO	26	0.30					
	WC FX	28	2.00					
	LAVAVAJILLA	18	0.20					

Los tramos de columna se encuentran en los tramos Y3-Y1 ubicado en la planta baja y primer nivel, Y1-Y ubicado entre el primer y segundo nivel, Y-Y2 ubicado entre el segundo y tercer nivel, Y2-Z ubicado entre el tercer nivel y el nivel del tanque. Ver a detalle en el plano *DISEÑO AGUA FRÍA*.

4.1.5.2 CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA RED INTERIOR DE AGUA FRÍA

Después de haber obtenido el gasto máximo instantáneo en cada tramo de la red, se calcula el diámetro proponiendo una velocidad dentro de los límites recomendados, obteniéndolo de la ecuación de continuidad:

$$Q = vA$$

En donde el área en tuberías es:

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

por lo que la ecuación de continuidad queda:

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

que a su vez, despejando el diámetro queda:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

En donde:

d es el diámetro en m

Q es el gasto máximo instantáneo en $\frac{m^3}{s}$

v es la velocidad a considerar en la tubería. Es recomendable que la velocidad se proponga entre 1.0 y 1.5 $\frac{m}{s}$, debido a que dichos valores representan pérdidas mínimas.

Fuente: Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.

Para este diseño se propone una velocidad de 1.5 $\frac{m}{s}$

En la Tabla 6 se presenta el resultado del cálculo de los diámetros que son las dimensiones teóricas y nominales de los diámetros:

Tabla 6. Cálculo de los diámetros de la red interior de agua fría.

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m ²	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
PLANTA TIPO 1							
A-B	0.3	0.0003	15.9576912	20.599	19	0.00033326	0.90020019
B-C	0.4	0.0004	18.4263546	20.599	19	0.00033326	1.20026691
C-D	0.42426407	0.000424264	18.9769999	20.599	19	0.00033326	1.27307531
D-E	0.51961524	0.000519615	21.0015027	26.797	25	0.00056398	0.92133941
E-F	0.5	0.0005	20.6012908	26.797	25	0.00056398	0.88655926
F-G	0.53665631	0.000536656	21.3431026	26.797	25	0.00056398	0.95155525
G-H	0.61237244	0.000612372	22.799076	26.797	25	0.00056398	1.08580891
H-I	0.60474316	0.000604743	22.6566091	26.797	25	0.00056398	1.07228129
I-J	0.6363961	0.000636396	23.2419833	26.797	25	0.00056398	1.12840572
J-K	0.7	0.0007	24.375776	26.797	25	0.00056398	1.24118296
K-L	0.69570109	0.000695701	24.3008111	26.797	25	0.00056398	1.23356048
L-M	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
M-N	0.72160535	0.000721605	24.7490939	26.797	25	0.00056398	1.27949182
N-O	0.725	0.000725	24.8072391	26.797	25	0.00056398	1.28551093
O-Y	0.776114	0.000776114	25.6668273	26.797	25	0.00056398	1.37614211

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m ²	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
P-Q	NO REQUIEREN AGUA, YA QUE SE PROPONEN MINGITORIOS ECOLÓGICOS						
Q-Y	4.24264069	0.004242641	60.0105429	63.373	64	0.00315427	1.34504817
R-S	4.24264069	0.004242641	60.0105429	63.373	64	0.00315427	1.34504817
S-X	4.61880215	0.004618802	62.6143836	63.373	64	0.00315427	1.46430298
T-U	0.21213203	0.000212132	13.4187653	14.453	13	0.00016406	1.29300549
U-V	0.25	0.00025	14.5673124	20.599	19	0.00033326	0.75016682
V-W	0.35777088	0.000357771	17.4265703	20.599	19	0.00033326	1.07355136
AA-BB	0.2	0.0002	13.0294003	14.453	13	0.00016406	1.21905727
BB-CC	0.3	0.0003	15.9576912	20.599	19	0.00033326	0.90020019
CC-DD	0.42426407	0.000424264	18.9769999	20.599	19	0.00033326	1.27307531
DD-EE	0.46188022	0.00046188	19.8004066	20.599	19	0.00033326	1.38594885
EE-FF	0.45	0.00045	19.5441005	20.599	19	0.00033326	1.35030028
FF-GG	0.53665631	0.000536656	21.3431026	26.797	25	0.00056398	0.95155525
GG-HH	0.57154761	0.000571548	22.026	26.797	25	0.00056398	1.01342165
HH-II	0.56694671	0.000566947	21.9371674	26.797	25	0.00056398	1.00526371
II-JJ	0.6363961	0.000636396	23.2419833	26.797	25	0.00056398	1.12840572
JJ-KK	0.66666667	0.000666667	23.7883215	26.797	25	0.00056398	1.18207901
KK-LL	0.66407831	0.000664078	23.7420971	26.797	25	0.00056398	1.17748955
LL-W	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
W-X	0.776114	0.000776114	25.6668273	26.797	25	0.00056398	1.37614211
X-Y	2.44404037	0.00244404	45.5474028	63.373	64	0.00315427	0.7748363

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m ²	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
PLANTA TIPO 2							
A2-B2	0.6	0.0006	22.5675833	26.797	25	0.00056398	1.06387111
B2-C2	0.49497475	0.000494975	20.4975026	26.797	25	0.00056398	0.87764889
C2-M2	0.55	0.00055	21.606816	26.797	25	0.00056398	0.97521519
M2-N2	0.52915026	0.00052915	21.1933172	26.797	25	0.00056398	0.93824613
N2-O2	0.53333333	0.000533333	21.2769216	26.797	25	0.00056398	0.94566321
O2-Y2	0.60083276	0.000600833	22.583239	26.797	25	0.00056398	1.06534769
P2-Q2	NO REQUIEREN AGUA, YA QUE SE PROPONEN MINGITORIOS ECOLÓGICOS						
Q2-Y2	4.24264069	0.004242641	60.0105429	63.373	64	0.00315427	1.34504817
R2-S2	4.24264069	0.004242641	60.0105429	63.373	64	0.00315427	1.34504817
S2-X2	4.61880215	0.004618802	62.6143836	63.373	64	0.00315427	1.46430298
T2-U2	0.21213203	0.000212132	13.4187653	14.453	13	0.00016406	1.29300549
U2-V2	0.25	0.00025	14.5673124	20.599	19	0.00033326	0.75016682
V2-X2	0.35777088	0.000357771	17.4265703	20.599	19	0.00033326	1.07355136
X2-Y2	2.93333333	0.002933333	49.8988042	63.373	64	0.00315427	0.92995729
PLANTA TIPO 3							
M3-N3	0.21213203	0.000212132	13.4187653	14.453	13	0.00016406	1.29300549
N3-O3	0.25	0.00025	14.5673124	20.599	19	0.00033326	0.75016682
O3-Y3	0.35777088	0.000357771	17.4265703	20.599	19	0.00033326	1.07355136
P3-Q3	NO REQUIEREN AGUA, YA QUE SE PROPONEN MINGITORIOS ECOLÓGICOS						
Q3-Y3	4.24264069	0.004242641	60.0105429	63.373	64	0.00315427	1.34504817
R3-S3	4.24264069	0.004242641	60.0105429	63.373	64	0.00315427	1.34504817
S3-X3	4.61880215	0.004618802	62.6143836	63.373	64	0.00315427	1.46430298
T3-U3	0.21213203	0.000212132	13.4187653	14.453	13	0.00016406	1.29300549
U3-V3	0.25	0.00025	14.5673124	20.599	19	0.00033326	0.75016682
V3-X3	0.35777088	0.000357771	17.4265703	20.599	19	0.00033326	1.07355136
X3-Y3	2.93333333	0.002933333	49.8988042	63.373	64	0.00315427	0.92995729

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m ²	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
TRAMOS DE COLUMNA							
Y3-Y1	3.67695526	0.003676955	55.8667751	63.373	64	0.00315427	1.16570841
Y1-Y	4.60932768	0.004609328	62.5501307	63.373	64	0.00315427	1.46129927
Y-Y2	5.53047501	0.005530475	68.5157864	75.717	75	0.00450274	1.22824713
Y2-Z (TANQUE)	6.46118821	0.006461188	74.0569166	75.717	75	0.00450274	1.43494652

De acuerdo a los resultados del cálculo anterior, las columnas quedan de la siguiente manera: del tanque elevado al segundo nivel el diámetro nominal será de 75 mm, del segundo nivel a la planta baja será de 64 mm. En los ramales de cada nivel que van a los muebles de los locales comerciales la tubería será de 25 mm, en los ramales que van a los fluxómetros de los baños públicos la tubería será de 64 mm, habiendo secciones en donde se utilizan muebles que requieren menor gasto como son lavabos, lavavajillas y tarjas el diámetro nominal de la tubería será de 19 mm y hasta 13 mm. Los resultados se pueden consultar en el plano *DISEÑO AGUA FRÍA*.

4.1.6 DISEÑO DE LA RED INTERIOR DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA CALIENTE

El criterio a seguir para la selección de la tubería es el de considerar su costo, mantenibilidad, durabilidad y maniobrabilidad, por lo que se diseñará con tubería de cobre rígido tipo M por las ventajas ya señaladas en el diseño de la red de agua fría, además de ser aislada (una vez que se instale) para reducir las pérdidas de energía calorífica en el trayecto del calentador al mueble.

4.1.6.1 CÁLCULO DEL GASTO MÁXIMO INSTANTANEO

De la misma manera que en el diseño de la red interior de agua fría se calculó con el Método Francés para determinar el gasto máximo instantáneo, debido a que la cantidad de muebles y aparatos sanitarios es reducida.

Sin embargo, a diferencia del diseño de la red interior de agua fría, para el agua caliente el análisis se hizo por cada planta tipo, ya que se está proponiendo tener un calentador por nivel en el edificio.

El cálculo del gasto máximo instantáneo de cada tramo de la red se presenta en la Tabla 7, en donde los tramos y/o derivaciones se pueden consultar en el plano *DISEÑO AGUA CALIENTE*.

Tabla 7. Cálculo del gasto máximo instantáneo de la red interior de agua caliente.

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
PLANTA TIPO 1								
A-B	FREGADERO	1	0.30	0.3	1	1	0.3	0.0003
B-C	FREGADERO	1	0.30	0.4	2	1	0.4	0.0004
	LAVABO	1	0.10					
C-D	FREGADERO	1	0.30	0.6	3	0.707106781	0.42426407	0.000424264
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	1	0.20					
D-E	FREGADERO	2	0.30	0.9	4	0.577350269	0.51961524	0.000519615
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	1	0.20					
E-F	FREGADERO	2	0.30	1	5	0.5	0.5	0.0005
	LAVABO	2	0.10					
	LAVAVAJILLA	1	0.20					
F-G	FREGADERO	2	0.30	1.2	6	0.447213595	0.53665631	0.000536656
	LAVABO	2	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
G-H	FREGADERO	3	0.30	1.5	7	0.40824829	0.61237244	0.000612372
	LAVABO	2	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
H-I	FREGADERO	3	0.30	1.6	8	0.377964473	0.60474316	0.000604743
	LAVABO	3	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
I-J	FREGADERO	3	0.30	1.8	9	0.353553391	0.6363961	0.000636396
	LAVABO	3	0.10					
	LAVAVAJILLA	3	0.20					
J-K	FREGADERO	4	0.30	2.1	10	0.333333333	0.7	0.0007
	LAVABO	3	0.10					
	LAVAVAJILLA	3	0.20					

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
K-L	FREGADERO	4	0.30	2.2	11	0.316227766	0.69570109	0.000695701
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	3	0.20					
L-M	FREGADERO	4	0.30	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
M-N	FREGADERO	4	0.30	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
N-O	FREGADERO	4	0.30	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
O-1	FREGADERO	4	0.30	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	LAVAVAJILLA	4	0.20					
AA-BB	LAVAVAJILLA	1	0.20	0.2	1	1	0.2	0.0002
BB-CC	LAVAVAJILLA	1	0.20	0.3	2	1	0.3	0.0003
	LAVABO	1	0.10					
CC-DD	LAVAVAJILLA	1	0.20	0.6	3	0.707106781	0.42426407	0.000424264
	LAVABO	1	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					
DD-EE	LAVAVAJILLA	2	0.20	0.8	4	0.577350269	0.46188022	0.00046188
	LAVABO	1	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					
EE-FF	LAVAVAJILLA	2	0.20	0.9	5	0.5	0.45	0.00045
	LAVABO	2	0.10					
	FREGADERO	1	0.30					

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m ³ /s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
FF-GG	LAVAVAJILLA	2	0.20	1.2	6	0.447213595	0.53665631	0.000536656
	LAVABO	2	0.10					
	FREGADERO	2	0.30					
GG-HH	LAVAVAJILLA	3	0.20	1.4	7	0.40824829	0.57154761	0.000571548
	LAVABO	2	0.10					
	FREGADERO	2	0.30					
HH-II	LAVAVAJILLA	3	0.20	1.5	8	0.377964473	0.56694671	0.000566947
	LAVABO	3	0.10					
	FREGADERO	2	0.30					
II-JJ	LAVAVAJILLA	3	0.20	1.8	9	0.353553391	0.6363961	0.000636396
	LAVABO	3	0.10					
	FREGADERO	3	0.30					
JJ-KK	LAVAVAJILLA	4	0.20	2	10	0.333333333	0.66666667	0.000666667
	LAVABO	3	0.10					
	FREGADERO	3	0.30					
KK-LL	LAVAVAJILLA	4	0.20	2.1	11	0.316227766	0.66407831	0.000664078
	LAVABO	4	0.10					
	FREGADERO	3	0.30					
LL-1	LAVAVAJILLA	4	0.20	2.4	12	0.301511345	0.72362723	0.000723627
	LAVABO	4	0.10					
	FREGADERO	4	0.30					
PLANTA TIPO 2								
A2-B2	FREGADERO	2	0.30	0.6	2	1	0.6	0.0006
B2-C2	FREGADERO	2	0.30	0.7	3	0.707106781	0.49497475	0.000494975
	LAVABO	1	0.10					
C2-M2	FREGADERO	2	0.30	1.1	5	0.5	0.55	0.00055
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
M2-N2	FREGADERO	2	0.30	1.1	5	0.5	0.55	0.00055
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					

MÉTODO FRANCÉS								
Tramos o derivaciones	Mueble o aparato			Σ consumos	Número de llaves (n)	Coeficiente de simultaneidad k	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)
	Descripción	Cantidad	Consumo (l/s)					
N2-O2	FREGADERO	2	0.30	1.1	5	0.5	0.55	0.00055
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					
O2-2	FREGADERO	2	0.30	1.1	5	0.5	0.55	0.00055
	LAVABO	1	0.10					
	LAVAVAJILLA	2	0.20					

4.1.6.2 CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA RED INTERIOR DE AGUA CALIENTE

De igual manera que para los diámetros de la red interior de agua fría, se calcula proponiendo una velocidad dentro de los límites recomendados, obteniéndolo de la ecuación de continuidad:

$$Q = vA$$

En donde el área en tuberías es:

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

por lo que la ecuación de continuidad queda:

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

que a su vez, despejando el diámetro queda:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

En donde:

d es el diámetro en *m*

Q es el gasto máximo instantáneo en $\frac{m^3}{s}$

v es la velocidad a considerar en la tubería. Es recomendable que la velocidad se proponga entre 1.0 y 1.5 $\frac{m}{s}$, debido a que dichos valores representan pérdidas mínimas.

Fuente: Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.

Para este diseño se propone una velocidad de 1.5 $\frac{m}{s}$

En la tabla 8 se presenta el resultado del cálculo de los diámetros que son las dimensiones teóricas y nominales de los diámetros:

Tabla 8. Cálculo de los diámetros de la red interior de agua caliente.

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m ²	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
PLANTA TIPO 1							
A-B	0.3	0.0003	15.9576912	20.599	19	0.00033326	0.90020019
B-C	0.4	0.0004	18.4263546	20.599	19	0.00033326	1.20026691
C-D	0.42426407	0.000424264	18.9769999	20.599	19	0.00033326	1.27307531

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m ²	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
D-E	0.51961524	0.000519615	21.0015027	26.797	25	0.00056398	0.92133941
E-F	0.5	0.0005	20.6012908	26.797	25	0.00056398	0.88655926
F-G	0.53665631	0.000536656	21.3431026	26.797	25	0.00056398	0.95155525
G-H	0.61237244	0.000612372	22.799076	26.797	25	0.00056398	1.08580891
H-I	0.60474316	0.000604743	22.6566091	26.797	25	0.00056398	1.07228129
I-J	0.6363961	0.000636396	23.2419833	26.797	25	0.00056398	1.12840572
J-K	0.7	0.0007	24.375776	26.797	25	0.00056398	1.24118296
K-L	0.69570109	0.000695701	24.3008111	26.797	25	0.00056398	1.23356048
L-M	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
M-N	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
N-O	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
O-1	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
AA-BB	0.2	0.0002	13.0294003	14.453	13	0.00016406	1.21905727
BB-CC	0.3	0.0003	15.9576912	20.599	19	0.00033326	0.90020019
CC-DD	0.42426407	0.000424264	18.9769999	20.599	19	0.00033326	1.27307531
DD-EE	0.46188022	0.00046188	19.8004066	20.599	19	0.00033326	1.38594885
EE-FF	0.45	0.00045	19.5441005	20.599	19	0.00033326	1.35030028

MÉTODO FRANCÉS							
Tramos o derivaciones	Q máximo instantáneo (l/s)	Q máximo instantáneo (m3/s)	Diámetro (mm)			Área m2	Velocidad (m/s)
			Teórico	Interno	Nominal		
FF-GG	0.53665631	0.000536656	21.3431026	26.797	25	0.00056398	0.95155525
GG-HH	0.57154761	0.000571548	22.026	26.797	25	0.00056398	1.01342165
HH-II	0.56694671	0.000566947	21.9371674	26.797	25	0.00056398	1.00526371
II-JJ	0.6363961	0.000636396	23.2419833	26.797	25	0.00056398	1.12840572
JJ-KK	0.66666667	0.000666667	23.7883215	26.797	25	0.00056398	1.18207901
KK-LL	0.66407831	0.000664078	23.7420971	26.797	25	0.00056398	1.17748955
LL-1	0.72362723	0.000723627	24.783742	26.797	25	0.00056398	1.28307684
PLANTA TIPO 2							
A2-B2	0.6	0.0006	22.5675833	26.797	25	0.00056398	1.06387111
B2-C2	0.49497475	0.000494975	20.4975026	26.797	25	0.00056398	0.87764889
C2-M2	0.55	0.00055	21.606816	26.797	25	0.00056398	0.97521519
M2-N2	0.55	0.00055	21.606816	26.797	25	0.00056398	0.97521519
N2-O2	0.55	0.00055	21.606816	26.797	25	0.00056398	0.97521519
O2-2	0.55	0.00055	21.606816	26.797	25	0.00056398	0.97521519

De acuerdo a los resultados del cálculo anterior, la tubería queda de la siguiente manera: para la tubería de la planta tipo 1 la mayor parte será de 25 mm, habiendo secciones en donde se utilizan muebles que requieren menor gasto como son lavabos, lavavajillas y tarjas el diámetro nominal de la tubería será de 19 mm y hasta 13 mm. En planta tipo 2 toda la tubería será de 25 mm. Los resultados se pueden consultar en el plano *DISEÑO AGUA CALIENTE*.

4.1.7 CÁLCULO DEL MUEBLE MÁS DESFAVORABLE

Para garantizar el buen funcionamiento de la red interior de distribución en edificios, se debe identificar el mueble o aparato más desfavorable. Para identificar el mueble más desfavorable, se analizan las condiciones de carga. Se garantiza que la carga de presión sea la necesaria para la correcta operación del mueble más desfavorable, se garantiza un buen funcionamiento de toda la red.

Para lo cual se tiene que determinar cuál es el mueble más desfavorable en el sistema y calcular las pérdidas de energía debidas a la fricción en las tuberías y los accesorios hasta dicho mueble.

Se utiliza la ecuación de Hazen y Williams para el cálculo de las pérdidas debida a la fricción, la cual es:

$$h_f = \left(\frac{Q}{35.834 \times 10^{-7} C d^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} L_{VIRTUAL}$$

En donde:

Q es el gasto de diseño del tramo, en l/s.

C es el coeficiente de capacidad hidráulica; C = 140 para tubos de cobre.

d diámetro interior de la tubería, en mm.

$L_{VIRTUAL}$ longitud virtual del tramo en m. $L_{VIRTUAL} = L_{REAL} + L_{equivalente}$

Con base en la fórmula anterior, a la teoría y a las recomendaciones citadas en el libro: *Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría*, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería, el mueble más desfavorable se encuentra en el tercer nivel, y dado que existen muebles W.C. con fluxómetro, siendo que este es el mueble que mayor carga requiere, se analizará el mueble del nodo R2. A su vez también se analizará el mueble del nodo A2, siendo éste un fregadero de restaurante que si bien es cierto que no requiere mayor carga que la de un fluxómetro, se analizará dado que la trayectoria hacia este mueble es la de mayor longitud por lo que podría ser el mueble más desfavorable.

La Tabla 9 se emplea para calcular las longitudes equivalentes.

Tabla 9. Longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondientes a distintos elementos singulares de las redes hidráulicas.

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías	(")	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
		(mm)	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Manguito de unión		0.00	0.00	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.09	0.12	0.15	0.20	0.25
	Cono de reducción		0.20	0.30	0.50	0.65	0.85	1.00	1.30	2.00	2.30	3.00	4.00	5.00
	Codo o curva de 45°		0.20	0.34	0.43	0.47	0.56	0.70	0.83	1.00	1.18	1.25	1.45	1.63
	Curva de 90°		0.18	0.33	0.45	0.60	0.84	0.96	1.27	1.48	1.54	1.97	2.61	3.43
	Codo de 90°		0.38	0.50	0.63	0.76	1.01	1.32	1.71	1.94	2.01	2.21	2.94	3.99
	"Te" de 45°		1.02	0.84	0.90	0.96	1.20	1.50	1.80	2.10	2.40	2.70	3.00	3.30
	"Te" arqueada o de curvas ("pantalones")		1.50	1.68	1.80	1.92	2.40	3.00	3.60	4.20	4.80	5.40	6.00	6.60
	"Te" confluencia de ramal (paso recto)		0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00	1.20
	"Te" derivación en ramal		1.80	2.50	3.00	3.60	4.10	4.60	5.00	5.50	6.20	6.90	7.70	8.90
	Válvula retención de batiente de pistón		0.20	0.30	0.55	0.75	1.15	1.50	1.90	2.65	3.40	4.85	6.60	8.30
			1.33	1.70	2.32	2.85	3.72	4.67	5.75	6.91	8.40	11.10	12.80	15.40
	Válvula retención paso de escuadra		5.10	5.40	6.50	8.50	11.50	13.00	16.50	21.00	25.00	36.00	42.00	51.00
	Válvula de compuerta abierta		0.14	0.18	0.21	0.26	0.36	0.44	0.55	0.69	0.81	1.09	1.44	1.70
	Válvula de paso recto y asiento inclinado		1.10	1.34	1.74	2.28	2.89	3.46	4.53	5.51	6.69	8.80	10.80	13.10
	Válvula de globo		4.05	4.95	6.25	8.25	10.80	13.00	17.00	21.00	25.00	33.00	39.00	47.50
	Válvula de escuadra o ángulo (abierta)		1.90	2.55	3.35	4.30	5.60	6.85	8.60	11.10	13.70	17.10	21.20	25.50
	Válvula de asiento de paso recto		-	3.40	3.60	4.50	5.65	8.10	9.00	-	-	-	-	-

Clase de resistencia aislada	Diámetros de las tuberías	(")	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	6"
		(mm)	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Intercambiador		-	-	-	2.10	5.00	12.50	13.20	14.20	25.00	-	-	-
	Radiador		2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.75	6.50	7.00	7.50	8.00	10.00
	Radiador con valvulería		3.75	4.40	5.25	6.00	6.75	7.50	8.80	10.10	11.40	12.70	14.00	15.00
	Caldera		2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00	5.75	6.50	7.00	7.50	8.00	10.00
	Caldera con valvulería		3.00	4.20	4.90	5.60	6.30	7.00	8.00	8.75	9.50	10.00	11.00	12.00
	Contador	general individual o divisionario	4.5 m.c.a 10 m.c.a.											

Nota: Para tuberías lisas ($k = 0.05 \text{ mm}$) multiplicar los valores del cuadro por 1.40

Fuente: Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1997.

En la Tabla 10 se muestra el cálculo de las pérdidas de la trayectoria al mueble ubicado en el nodo R2.

Tabla 10. Cálculo de las pérdidas de la trayectoria al mueble del nodo R2.

Tramo	Piezas Especiales		Longitud Equivalente		Q máximo	Diámetro interior ϕ	C	Equivalente		Real		Virtual		hf
	Descripción	Cantidad	Por Pieza	Tramo	lps	mm	(H-W)	L (m)	ϕ (mm)	L (m)	ϕ (mm)	L (m)	ϕ (mm)	(m)
R2-S2	Codo 90° 64 ϕ	1	1.94	3.34	4.24	63.373	140.00	3.34	63.373	3.75	63.373	7.09	63.373	0.222
	T P/R 64 ϕ	2	0.70											
S2-X2	Codo 90° 64 ϕ	1	1.94	2.64	4.62	63.373	140.00	2.64	63.373	0.73	63.373	3.37	63.373	0.124
	T P/R 64 ϕ	1	0.70											
X2-Y2	Codo 90° 64 ϕ	1	1.94	1.94	2.93	63.373	140.00	1.94	63.373	1.50	63.373	3.44	63.373	0.055
Y2-Z	T P/R 75 ϕ	2	0.80	5.84	6.46	75.717	140.00	5.84	75.717	5.00	75.717	10.84	75.717	0.312
	Reducción de 75 ϕ a 64 ϕ	1	2.30											
	Codo 90° 64 ϕ	1	1.94											
													Σ hf	0.312

En la Tabla 11 se muestra el cálculo de las pérdidas de la trayectoria al mueble ubicado en el nodo A2.

Tabla 11. Cálculo de las pérdidas de la trayectoria al mueble del nodo A2.

Tramo	Piezas Especiales		Longitud Equivalente		Q máximo	Diámetro interior ϕ	C	Equivalente		Real		Virtual		hf
	Descripción	Cantidad	Por Pieza	Tramo	lps	mm	(H-W)	L (m)	ϕ (mm)	L (m)	ϕ (mm)	L (m)	ϕ (mm)	(m)
A2-B2	Codo 90° 25 ϕ	1	0.76	1.06	0.60	26.797	140.00	1.06	26.797	1.62	26.797	2.68	26.797	0.149
	T P/R 25 ϕ	1	0.30											
B2-C2	T P/R 25 ϕ	1	0.30	0.30	0.49	26.80	140.00	0.30	26.80	0.97	26.80	1.27	26.80	0.049
C2-M2	Codo 90° 25 ϕ	1	0.76	1.36	0.55	26.797	140.00	1.36	26.797	65.43	26.797	66.79	26.797	3.154
	T P/R 25 ϕ	2	0.30											
M2-N2	T P/R 25 ϕ	3	0.30	0.90	0.53	26.80	140.00	0.90	26.80	2.43	26.80	3.33	26.80	0.146
N2-O2	T P/R 25 ϕ	3	0.30	0.90	0.53	26.80	140.00	0.90	26.80	1.76	26.80	2.66	26.80	0.119
O2-Y2	Codo 90° 25 ϕ	1	0.76	8.21	0.60	26.797	140.00	8.21	26.797	4.31	26.797	12.52	26.797	0.696
	Reducción de 75 ϕ a 64 ϕ	1	2.30											
	Reducción de 64 ϕ a 51 ϕ	1	2.00											
	Reducción de 51 ϕ a 38 ϕ	1	1.30											
	Reducción de 38 ϕ a 32 ϕ	1	1.00											
	Reducción de 32 ϕ a 25 ϕ	1	0.85											
Y2-Z	Codo 90° 25 ϕ	1	0.76	4.78	6.46	75.717	140.00	4.78	75.717	5.00	75.717	9.78	75.717	0.281
	Codo 90° 75 ϕ	2	2.01											
													Σ hf	4.446

De acuerdo a los resultados, la trayectoria que tiene las mayores pérdidas es la del mueble del nodo A2, sin embargo, en el siguiente punto se analizará la carga requerida para ambos muebles, para así determinar el mueble más desfavorable. La trayectoria se puede consultar en el plano *DISEÑO AGUA FRÍA*.

4.1.8 CÁLCULO DE LA CARGA REQUERIDA

Aplicando la ecuación de Bernoulli para obtener la carga requerida.

$$H_{requerida} = Z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) + \sum_1^2 hf$$

Para el mueble del nodo R2:

Tomando en cuenta que los fluxómetros requieren 10 metros de columna de agua para su correcto funcionamiento, se tiene:

$$H_{requerida} = 0 + 10 \text{ m} + 0 + 0.312 \text{ m} = 10.312 \text{ m}$$

Para el mueble del nodo A2:

Tomando en cuenta que los fregaderos de restaurante requieren 3 metros de columna de agua para su correcto funcionamiento, se tiene:

$$H_{requerida} = 0 + 3 \text{ m} + 0 + 4.446 \text{ m} = 7.446 \text{ m}$$

Por lo que el mueble más desfavorable se encuentra en el nodo R2, siendo el mueble un W.C. fluxómetro.

De acuerdo con los resultados, los tanques elevados deben estar colocados a 10.312 m del mueble más desfavorable, es decir que estarán en una torre de 6 m en la azotea del edificio para así cumplir con la carga requerida, considerando que la altura de entresijos del inmueble es de 4.5 m.

4.1.9 CONTINUIDAD EN EL SUMINSTRO

Para garantizar el suministro de agua potable de forma continua al inmueble se requiere contar con cisternas que almacenen el agua suficiente que fijan las normas, para así dar paso al llenado de los tanques elevados.

4.1.9.1 CÁLCULO DEL DIÁMETRO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN A LA CISTERNA

La línea de alimentación es el tramo de tubería localizado entre la "toma" instalada por el municipio, y la cisterna.

Para determinar el diámetro de la toma se emplea la siguiente ecuación, que se obtiene de la de continuidad:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$$

En donde:

Q es el gasto a obtener de la red de distribución municipal, y será igual al gasto máximo diario, el cual se define como:

$$Q_{MD} = \frac{\text{habitantes} \times \text{dotación}}{86400} \times CVD$$

CVD es el coeficiente de variación diaria que normalmente se establece igual a 1.4

v es la velocidad a considerar en el conducto.

De acuerdo a las recomendaciones citadas en el libro: *Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría*, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería, se recomienda proponerla entre 1.0 y 1.5 m/s, debido a que dichos valores garantizan pérdidas mínimas.

Teniendo los siguientes datos:

Habitantes por día:

Para estimar la cantidad de personas que estarán por día en las distintas zonas, se debe tomar en cuenta que hay renovación de los comensales a lo largo del día, y para esto se supondrá que durante el día se renueva 4 veces la capacidad de comensales de cada zona, por lo que se tiene:

Tabla 12. Cantidad de personas por día en las distintas zonas.

Zona de locales	
Personal	No. de personas
Empleados	80
Comensales	576
Limpieza	4
TOTAL	660
Zona de restaurante	
Personal	No. de personas
Empleados	16
Comensales	320
Limpieza	3
TOTAL	339

Para la planta tipo 1, que es donde se encuentran los locales de comida rápida, se tiene:

Dotación = 6 l/m²/día

Área de los locales de comida rápida por nivel (planta tipo 1) = 579.854 m²

Área total = 1159.708 m²

Consumo = 6 l/m²/día x 1159.708 m² = 6958.248 l/día

Para la planta tipo 2, que es donde se encuentra el restaurante, se tiene:

Dotación = 12 l/comensal/día

Consumo = 12 l/comensal/día x 320 comensales = 3840 l/día

Lo que da un consumo total de 10798.248 l/día

Aplicando la expresión del gasto máximo diario:

$$Q_{MD} = \frac{10798.248 \frac{l}{día}}{86400 \frac{s}{día}} \times 1.4 = 0.1749716 \frac{l}{s}$$
$$Q_{MD} = 0.0001749716 \frac{m^3}{s}$$

Determinando el diámetro de la tubería:

$$d = \sqrt{\frac{4 \left(0.0001749716 \frac{m^3}{s} \right)}{\pi \left(1.5 \frac{m}{s} \right)}} = 0.012187 \text{ m} = 12.186 \text{ mm}$$

Por lo que el diámetro comercial de la toma y la línea de llenado de la cisterna será de 13 mm; con un diámetro interior de 14.453 mm.

4.1.9.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA CISTERNA Y DEL TANQUE ELEVADO

De acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 124 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, el cual establece que los conjuntos habitacionales y las edificaciones de cinco niveles o más deben contar con cisternas con capacidad para satisfacer dos veces la demanda diaria de agua potable de la edificación y estar equipadas con sistema de bombeo, considerando las Normas técnicas complementarias en su Capítulo 2.6 Instalaciones hidrosanitarias en edificios la cual establece que para tanques y cisternas los edificios deberán contar con las cisternas que de acuerdo con el destino de la industria o edificación sean necesarias, para tener una dotación, para no menos de tres días en caso de que por alguna razón, llegara a faltar el vital líquido.

Para la determinación de la capacidad de almacenamiento en los depósitos elevados podrá considerarse entre 1/5 y 1/3 del volumen total a almacenar, lo que estará en función de la economía y del peso propio.

Con base en lo anterior se calcula el volumen requerido para la cisterna:

Consumo x 3 días = Volumen de la cisterna

$$10798.248 \text{ l/día} \times 3 \text{ días} = 32394.744 \text{ L} = 32.394744 \text{ m}^3$$

No se propondrán aún dimensiones específicas ya que en la misma cisterna se considerará también el volumen de agua para el sistema de seguridad contra incendios, que se calculará más adelante.

Entre el nivel de agua máximo y la losa de la cisterna, deberá preverse un “colchón de aire” de 0.40 m de altura, que sirve para alojar al flotador.

Se propone que el tanque elevado cuente con 1/5 del volumen total a almacenar, dado que así se tendrá el menor peso posible para la estructura del edificio y no caer en cargas excesivas para la misma, con lo que tenemos:

$$1/5 \times 32394.744 \text{ L} = 6478.9488 \text{ L} = 6.4789488 \text{ m}^3$$

De acuerdo con el volumen se necesitarán 6 tanques de 1100 Litros, dando un volumen total de 6600 Litros.

El volumen total requerido para la cisterna será:

$$32.394744 \text{ m}^3 - 6.4789488 \text{ m}^3 = \mathbf{25.9157952 \text{ m}^3}$$

4.1.9.3 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CALENTADORES DE AGUA

Se realizó una estimación de demanda de agua caliente por persona de datos empíricos obtenidos del libro: *La ingeniería sanitaria en el diseño de: instalaciones hidráulicas sanitarias y de gas en edificaciones*, Rafael López Ruíz, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2003, por lo que se tiene:

El agua caliente necesaria para restaurantes de 3 comidas por día es de 21 litros por comensal/día.

Y la demanda horaria máxima en relación al uso diaria a considerar para este tipo de diseño será de 1/10.

Por lo que tenemos lo siguiente:

Para la planta tipo 1, que es donde se encuentran los locales de comida rápida tenemos:

Comensales = 660

$$\text{Requerimientos diarios} = 660 \text{ comensales} \times 21 \text{ l/comensal/día} = 13860 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$\text{Demanda horaria máxima} = 13860 \frac{\text{l}}{\text{día}} \times \frac{1}{10} = 1386 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$\left(1386 \frac{\text{l}}{\text{día}}\right) \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hr}}\right) \left(\frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}\right) = 0.9625 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Para la planta tipo 2, que es donde se encuentra el restaurante tenemos:

Comensales = 339

$$\text{Demanda horaria máxima} = 339 \text{ comensales} \times 21 \text{ l/comensal/día} = 7119 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$\text{Demanda horaria máxima} = 7119 \frac{\text{l}}{\text{día}} \times \frac{1}{10} = 711.9 \frac{\text{l}}{\text{día}}$$

$$\left(711.9 \frac{\text{l}}{\text{día}}\right) \left(\frac{1 \text{ día}}{24 \text{ hr}}\right) \left(\frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}}\right) = 0.494375 \frac{\text{l}}{\text{min}}$$

Se proponen calentadores de paso marca CaloRex, la Tabla 13 muestra las especificaciones técnicas.

Tabla 13. Especificaciones técnicas del calentador de paso.

CALENTADOR DE PASO					
MODELO	COXDP-06	COXDP-09	COXDP-11	COXDP-15	COXDP-20
Capacidad a nivel del mar (l/min)	6	9	11	15	20
Capacidad a nivel de la Cd. De México (l/min)	5	7.5	9	15	18
Recomendación por número de regaderas simultaneas*	1	1 1/2	2	3	4
Altura total (m)	68	80	96	90	112
Ancho x Profundidad (cm)	30x30	36x36	36x36	68x36	68x36
Peso (kg)	22	31	45	70	92
Presión de gas requerida	Gas L.P. 2.74 kPa (27 g/cm ²) ● Gas Natural 1.76 kPa (18 g/cm ²)				
Presión hidráulica máxima de trabajo (kg/cm ²)	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5
Resistencia máxima del tanque (kg/cm ²)	13	13	13	13	13
*45% más ahorro de gas en comparación con un calentador depósito con 10 años de uso, acumulación de sales, eficiencia inferior al 75% y hábitos de uso similares.					

Fuente: <http://www.calorex.com.mx>

Por lo que se selecciona el modelo COXDP-06, el cual cumple las condiciones para ambas plantas tipo.

4.1.10 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para realizar una adecuada selección del equipo de bombeo se definen a continuación conceptos importantes citados en el libro: *Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría*, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería:

Carga estática de succión (h_s) es la diferencia de la elevación entre el nivel del líquido en la succión y el eje del impulsor de la bomba. Si el nivel del líquido de succión está debajo del eje impulsor, se tiene una carga estática de succión.

Carga estática de descarga (h_d) es la diferencia entre el nivel de descarga y el eje del impulsor de la bomba.

Carga estática (H_{est}) es la diferencia de elevación entre los niveles estáticos de descarga y la succión ($h_d - h_s$).

Carga manométrica de succión (H_{ms}) es la lectura expresada en metros, medida en el chiflón de succión de la bomba, referenciada al eje del impulsor de la bomba.

Carga manométrica de descarga (H_{md}) es la lectura expresada en metros, medida en el chiflón de descarga de la bomba, referenciada al eje del impulsor de la bomba.

Carga manométrica (H_m) es el incremento de carga de presión expresada en metros, generada por las bombas.

Carga de fricción (h_{fs}, h_{fd}) es la carga de agua que debe suministrarse para superar las pérdidas de fricción a través del sistema de tuberías. Las pérdidas de carga debidas a la fricción en las tuberías de succión y descarga, pueden calcularse con las ecuaciones de Hazen-Williams o Darcy-Weisbach.

Carga de velocidad es la energía cinética contenida en el líquido que está siendo bombeado en cualquier punto del sistema.

$$\text{Carga de velocidad} = \frac{v_d^2}{2g}$$

En donde:

v , es la velocidad del fluido en $\frac{m}{s}$

g , es la aceleración debida a la gravedad, $9.78 \frac{m}{s^2}$ para la Ciudad de México.

Pérdidas de cargas menores es el término aplicado a la carga de agua que debe suministrarse para superar las pérdidas de carga a través de válvulas y conexiones. Estas pérdidas pueden calcularse mediante el método de la tubería equivalente.

Carga Dinámica Total (CDT) es la carga total contra la cual la bomba debe trabajar. Se determina considerando las cargas estáticas de succión y descarga, las pérdidas debidas a la fricción, las cargas de velocidad y las pérdidas de carga menores. La expresión para su cálculo queda de la siguiente manera:

$$CDT = H_{md} - H_{ms} + \frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g}$$

En donde:

$$H_{md} = h_d + h_{fd} + \sum h_{md}$$

$$H_{ms} = h_s - h_{ent} - h_{fs} \sum h_{ms} - \frac{v_s^2}{2g}$$

En donde:

$H_{md}(H_{ms})$ = carga manométrica de descarga (succión) medida en el chiflón de descarga (succión) de la bomba referenciando al eje del impulsor, m;

$v_d(v_s)$ = velocidad en el chiflón de descarga (succión), m/s;

g , es la aceleración debida a la gravedad, $9.78 \frac{m}{s^2}$ en la Ciudad de México

$h_{e_d}(h_{e_s})$ = carga estática de descarga (succión), m;

h_{ent} = pérdida en la entrada de succión, m;

$h_{f_d}(h_{f_s})$ = pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de descarga (succión), m;

$h_{m_d}(h_{m_s})$ = pérdidas menores en conexiones y válvulas de la tubería de descarga (succión), m;

h_{v_d} = carga de velocidad en la descarga, m;

H_{est} = carga estática total ($h_{e_s} + h_{e_d}$), m.

De acuerdo con los estándares del Instituto de Hidráulica, las distancias (cargas) sobre la línea de referencia se consideran positivas; las diferencias debajo de la línea se consideran negativas.

En términos de la carga estática, la ecuación de la Carga Dinámica Total (CDT) puede entonces escribirse como:

$$CDT = H_{est} + h_{fs} + \sum h_{m_s} + h_{fd} + \sum h_{m_d} + \frac{v_d^2}{2g}$$

4.1.10.1 GASTO DE BOMBEO

Para determinar el gasto de bombeo se establece el tiempo en el cual se desea que el tanque se llene, para este diseño se propone que la bomba tenga la capacidad de bombear en 20 minutos 1100 litros, ya que se considera que el llenado de los tanques sea en no más de dos horas para así asegurar su continuidad, además de que se garantizará el gasto mínimo requerido (gasto máximo diario = 0.1749716 l/s).

Calculando el gasto:

$$\text{Volumen suministrado} = 6.6 \frac{m^3}{\text{día}}$$

$$Q = \frac{6.6 \frac{m^3}{\text{día}}}{86400 \frac{s}{\text{día}}} = 0.000076384 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_{bombeo} = \frac{24 \text{ hr}}{2 \text{ hr}} * \left(0.000076384 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 0.0009167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.9167 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Con lo que el gasto de bombeo cumple con el gasto máximo diario (0.1749716 l/s).

Comprobando que se llenarán los seis tanques (6600 Litros) en 2 horas:

$$2 \text{ hr} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ hr}} * 0.0009167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 6.6 \text{ m}^3 = 6600 \text{ Litros}$$

Calculando el tiempo que le llevará a la bomba proporcionar el consumo diario:

Consumo = 10798.248 l/día

$$Q_{bombeo} = 0.9167 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 3300.12 \frac{\text{l}}{\text{hr}}$$

Por lo que la bomba proporcionará el consumo diario en 3.27 horas.

4.1.10.2 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN Y PÉRDIDA DE LA ENERGÍA EN LA SUCCIÓN

Para determinar el diámetro de la tubería de succión se ocupará la ecuación utilizada para el cálculo de la línea de alimentación, que se obtiene de la de continuidad y el gasto de bombeo obtenido del punto anterior.

$$d = \sqrt{\frac{4 Q_{bombeo}}{\pi v}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \left(0.0009167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)}{\pi \left(1.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}} = 0.02789 \text{ m} = 27.89 \text{ mm}$$

El diámetro comercial será el de 32 mm (1 1/4 “), con un diámetro interno de 32.791 mm.

Calculando la velocidad en la tubería de succión:

La velocidad recomendada del flujo es de 0.6 m/s a 0.9 m/s. La velocidad de succión con el diámetro interno de 32.791 mm será:

$$v_s = \frac{Q_{bombeo}}{A}$$

$$v_s = \frac{0.0009167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi (0.032791 \text{ m})^2}{4}} = 1.0855 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad supera al valor recomendado por poco pero se acepta.

Calculando las pérdidas de succión (ver detalle de succión de cisterna en el plano de *DETALLES*):

Carga estática de succión:

Para poder calcular la carga estática es necesario conocer la sumergencia (S):

$$S = 2.5 d_{succión} + 1.0 m$$

$$S = (2.5)(32.791 mm) \left(\frac{1 cm}{10 mm} \right) \left(\frac{1 m}{100 cm} \right) + 0.1 m = 0.182 m$$

$$h_{e_s} = 1.2 - 0.182 + 0.5 = 1.518 m$$

Calculando las pérdidas de fricción utilizando la fórmula de Darcy-Weisbach:

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

En donde:

h_f es la pérdida de energía debido a la fricción, en m.

f es el coeficiente de fricción, donde

f = 0.02 para tuberías de cobre y plástico

L es la longitud de la tubería, en m.

d es el diámetro interior del tubo, en m.

v es la velocidad de flujo del agua, en m/s.

g es la aceleración de la gravedad, en m/s².

$$h_{f_s} = f \frac{L v^2}{d 2g}$$

Longitud de tubería de succión (L) = 6.5 m + 1.7 m = 8.2 m

Calculando la pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de descarga:

$$h_{f_s} = 0.02 \frac{8.2}{0.032791} \frac{1.0855^2}{2(9.78)} = 0.3013 m$$

Las pérdidas menores se calculan de acuerdo con los valores de la Tabla 14.

Tabla 14. Pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (En metros de tubería recta).

Elemento	mm	13	19	25	32	38	50	63	75	100	125	150	200	250	300	350
	plg.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90°																
Radio largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5
Codo 45°																
		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3.0	3.8	4.6	5.3
Curva 90°																
R/D: 1 1/2		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4
R/D: 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4
Curva 45°																
		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5
Entrada																
Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2.0	2.5	3.5	4.5	5.5	6.2
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0
Válvula																
Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21.0	26.0	34.0	45.3	51.0	6.7	85.0	102.0	120.0
Ángulo																
De pie		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10.0	13.0	17.0	21.0	26.0	34.0	43.0	51.0	60.0
Retención																
Trabajo liviano		1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16.0	20.0	24.0	38.0
Trabajo pesado		1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25.0	32.0	38.0	45.0
Te de paso																
Directo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Lateral		1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Salida																
Bilateral		1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Salida de tubería																
		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0

Válvula de retención (check) con coladera = 4.0 m

Codo a 90° de radio largo (para que exista menor fricción) = 0.7 m

Reducción excéntrica = 6 (d) = 6 (0.032791 m) = 0.1967 m

Entrada de borda = 0.9 m

Longitud equivalente = 4.0 m + 0.7 m + 0.1967 m + 0.9 m = 5.7967 m

$$h_{m_s} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{m_s} = 0.02 \frac{5.7967}{0.032791} \frac{1.0855^2}{2(9.78)} = 0.213 \text{ m}$$

4.1.10.3 DISEÑO DE LA TUBERÍA DE DESCARGA Y PÉRDIDA EN LA DESCARGA

Se utiliza el método de longitud equivalente, de la misma manera que lo fue para las pérdidas de succión.

De acuerdo a la recomendación citada en el libro: *Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría*, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería, nos dice que el diámetro de descarga sea menor que el de succión por lo que se calculará con un diámetro de 25 mm.

$$\text{Diámetro interior} = 26.797 \text{ mm} = 0.026797 \text{ m}$$

La velocidad de descarga con el diámetro interior de 0.026797 m es:

$$v_d = \frac{Q_{\text{bombeo}}}{A}$$
$$v_d = \frac{0.0009167 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{\pi (0.026797 \text{ m})^2}{4}} = 1.6254 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad supera al valor recomendado por poco pero se acepta, por lo que el diámetro comercial en la tubería de descarga será de 25 mm (1"), con un diámetro interno de 26.797 mm.

Calculando la pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de descarga:

$$h_{f_d} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Altura de entre pisos} = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de tubería de descarga (L)} = 0.5 \text{ m} + 1 \text{ m} + 4.5 \text{ m} + 6 \text{ m} \\ = 30 \text{ m}$$

$$h_{f_d} = 0.02 \frac{30}{0.026797} \frac{1.6254^2}{2(9.78)} = 3.02424 \text{ m}$$

Calculando las pérdidas menores de acuerdo con los valores de la tabla 14:

$$\text{Ampliación concéntrica (Longitud equivalente} = 12d) = 12 (0.026797 \text{ m}) = 0.3216 \text{ m}$$

$$\text{Válvula de retención} = 3.2 \text{ m}$$

$$\text{Válvula de compuerta} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Codo a } 90^\circ \text{ radio largo (3 piezas)} = 3 (0.5 \text{ m}) = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Longitud equivalente} = 0.3216 \text{ m} + 3.2 \text{ m} + 0.2 \text{ m} + 1.5 \text{ m} = 5.2216 \text{ m}$$

$$h_{m_d} = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{m_d} = 0.02 \frac{5.2216}{0.026797} \frac{1.6254^2}{2(9.78)} = 0.5264 \text{ m}$$

Calculando la carga de velocidad en la descarga (h_{v_d}):

$$h_{v_d} = \frac{v_d^2}{2g}$$

$$h_{v_d} = \frac{1.6254^2}{2(9.78)} = 0.1351 \text{ m}$$

Ver detalle de cisterna en el plano *DETALLES*.

4.1.10.4 CARGA DINÁMICA TOTAL

$$CDT = H_{est} + h_{f_s} + \sum h_{m_s} + h_{f_d} + \sum h_{m_d} + \frac{v_d^2}{2g}$$

Calculando la carga dinámica total con el nivel mínimo en la succión (cisterna vacía):

$$H_{est} = h_{e_s} + h_{e_d} = 1.518 \text{ m} + 29.5 \text{ m} = 31.018 \text{ m}$$

$$h_{f_s} = 0.3013 \text{ m}$$

$$h_{m_s} = 0.213 \text{ m}$$

$$h_{f_d} = 3.02424 \text{ m}$$

$$h_{m_d} = 0.5043 \text{ m}$$

$$h_{v_d} = \frac{v_d^2}{2g} = 0.1351 \text{ m}$$

$$CDT = 31.018 \text{ m} + 0.3013 \text{ m} + 0.213 \text{ m} + 3.02424 \text{ m} + 0.5264 \text{ m} + 0.1351 \text{ m} = \mathbf{35.21804 \text{ m}}$$

Calculando la carga dinámica total con el nivel máximo en la succión (cisterna llena):

$$H_{est} = h_{e_s} + h_{e_d} = 0.718 \text{ m} + 29.5 \text{ m} = 30.218 \text{ m}$$

$$CDT = 30.218 \text{ m} + 0.3013 \text{ m} + 0.213 \text{ m} + 3.02424 \text{ m} + 0.5264 \text{ m} + 0.1351 \text{ m} = \mathbf{34.41804 \text{ m}}$$

4.1.10.5 SELECCIÓN DE LA BOMBA

La información sobre el diseño es proporcionada por el fabricante en una serie de curvas por una bomba determinada.

En la Tabla 15 se muestra el cálculo de la variación de la carga dinámica total con respecto al gasto tomando el nivel mínimo de succión, ya que es el caso más desfavorable; resaltando el cálculo que se presenta con el gasto de bombeo propuesto:

Tabla 15. Cálculo de carga dinámica total con respecto al gasto.

Q (l/s)	Q (l/min)	V s	Vd	hes	hed	hfs	hfd	hms	hmd	hvd	CDT (m)
0.00	0.00	0.0000	0.0000	1.518	29.50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	31.0180
0.05	3.00	0.0592	0.0887	1.518	29.50	0.0009	0.0076	0.0006	0.0016	0.0004	31.0291
0.10	6.00	0.1184	0.1773	1.518	29.50	0.0036	0.0306	0.0025	0.0063	0.0016	31.0626
0.15	9.00	0.1776	0.2660	1.518	29.50	0.0081	0.0688	0.0057	0.0141	0.0036	31.1183
0.20	12.00	0.2368	0.3546	1.518	29.50	0.0143	0.1224	0.0101	0.0251	0.0064	31.1963
0.25	15.00	0.2960	0.4433	1.518	29.50	0.0224	0.1912	0.0158	0.0392	0.0100	31.2966
0.30	18.00	0.3552	0.5319	1.518	29.50	0.0323	0.2753	0.0228	0.0564	0.0145	31.4192
0.35	21.00	0.4144	0.6206	1.518	29.50	0.0439	0.3747	0.0310	0.0767	0.0197	31.5641
0.40	24.00	0.4737	0.7092	1.518	29.50	0.0574	0.4895	0.0406	0.1002	0.0257	31.7313
0.45	27.00	0.5329	0.7979	1.518	29.50	0.0726	0.6195	0.0513	0.1268	0.0325	31.9208
0.50	30.00	0.5921	0.8866	1.518	29.50	0.0896	0.7648	0.0634	0.1566	0.0402	32.1325
0.55	33.00	0.6513	0.9752	1.518	29.50	0.1085	0.9254	0.0767	0.1895	0.0486	32.3666
0.60	36.00	0.7105	1.0639	1.518	29.50	0.1291	1.1013	0.0912	0.2255	0.0579	32.6229
0.65	39.00	0.7697	1.1525	1.518	29.50	0.1515	1.2925	0.1071	0.2647	0.0679	32.9016
0.70	42.00	0.8289	1.2412	1.518	29.50	0.1757	1.4989	0.1242	0.3069	0.0788	33.2025
0.75	45.00	0.8881	1.3298	1.518	29.50	0.2017	1.7207	0.1426	0.3524	0.0904	33.5257
0.80	48.00	0.9473	1.4185	1.518	29.50	0.2295	1.9578	0.1622	0.4009	0.1029	33.8712
0.85	51.00	1.0065	1.5072	1.518	29.50	0.2590	2.2102	0.1831	0.4526	0.1161	34.2390
0.90	54.00	1.0657	1.5958	1.518	29.50	0.2904	2.4779	0.2053	0.5074	0.1302	34.6291
0.9167	55.00	1.0855	1.6254	1.518	29.50	0.3013	2.5707	0.2130	0.5264	0.1351	34.7644
0.95	57.00	1.1249	1.6845	1.518	29.50	0.3236	2.7608	0.2287	0.5653	0.1451	35.0415
1.00	60.00	1.1841	1.7731	1.518	29.50	0.3585	3.0591	0.2534	0.6264	0.1607	35.4762
1.05	63.00	1.2433	1.8618	1.518	29.50	0.3953	3.3726	0.2794	0.6906	0.1772	35.9332
1.10	66.00	1.3025	1.9504	1.518	29.50	0.4338	3.7015	0.3067	0.7579	0.1945	36.4124
1.15	69.00	1.3618	2.0391	1.518	29.50	0.4742	4.0456	0.3352	0.8284	0.2126	36.9140
1.20	72.00	1.4210	2.1277	1.518	29.50	0.5163	4.4051	0.3650	0.9020	0.2315	37.4378
1.25	75.00	1.4802	2.2164	1.518	29.50	0.5602	4.7798	0.3960	0.9788	0.2511	37.9839
1.30	78.00	1.5394	2.3051	1.518	29.50	0.6059	5.1698	0.4283	1.0586	0.2716	38.5523
1.35	81.00	1.5986	2.3937	1.518	29.50	0.6534	5.5752	0.4619	1.1416	0.2929	39.1431
1.40	84.00	1.6578	2.4824	1.518	29.50	0.7027	5.9958	0.4968	1.2278	0.3150	39.7561
1.45	87.00	1.7170	2.5710	1.518	29.50	0.7538	6.4317	0.5329	1.3170	0.3379	40.3913
1.50	90.00	1.7762	2.6597	1.518	29.50	0.8067	6.8829	0.5703	1.4094	0.3617	41.0489

Se recopilan datos de bombas con diferentes capacidades de la marca Pedrollo en la Tabla 16.

Tabla 16. Recopilación de datos de diferentes bombas de la marca Pedrollo.

MODELO	POTENCIA		Q	H (m)													
	KW	HP		m ³ /h	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2
			l/min	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
2CRm 80	0.37	0.50		25	22.5	20	17.5	15	11.5	8	5						
3CRm 80	0.45	0.60		38	35	32.5	29	25	20	15.5	10	5					
4CRm 80	0.60	0.85		50	47	43	38.5	33.5	28	22.5	16	10					
3CRm 100	0.60	0.85		36	35	33.5	32	30	28	25.5	23	20	17	13.5	10	5	
CPm 158	0.75	1		36	34	33.5	33	32.5	31.5	30	28.5	27	25				
CP 170	1.1	1.5		41	40	39	38	37	36	35	34	32	30	27.5	25	22	

Fuente: <http://www.pedrollo.co.uk/>

Graficando la curva del sistema y las curvas características de las bombas anteriormente citadas, además de ubicar el punto correspondiente al gasto de bombeo y a la carga dinámica total obtenida de dicho gasto de bombeo:

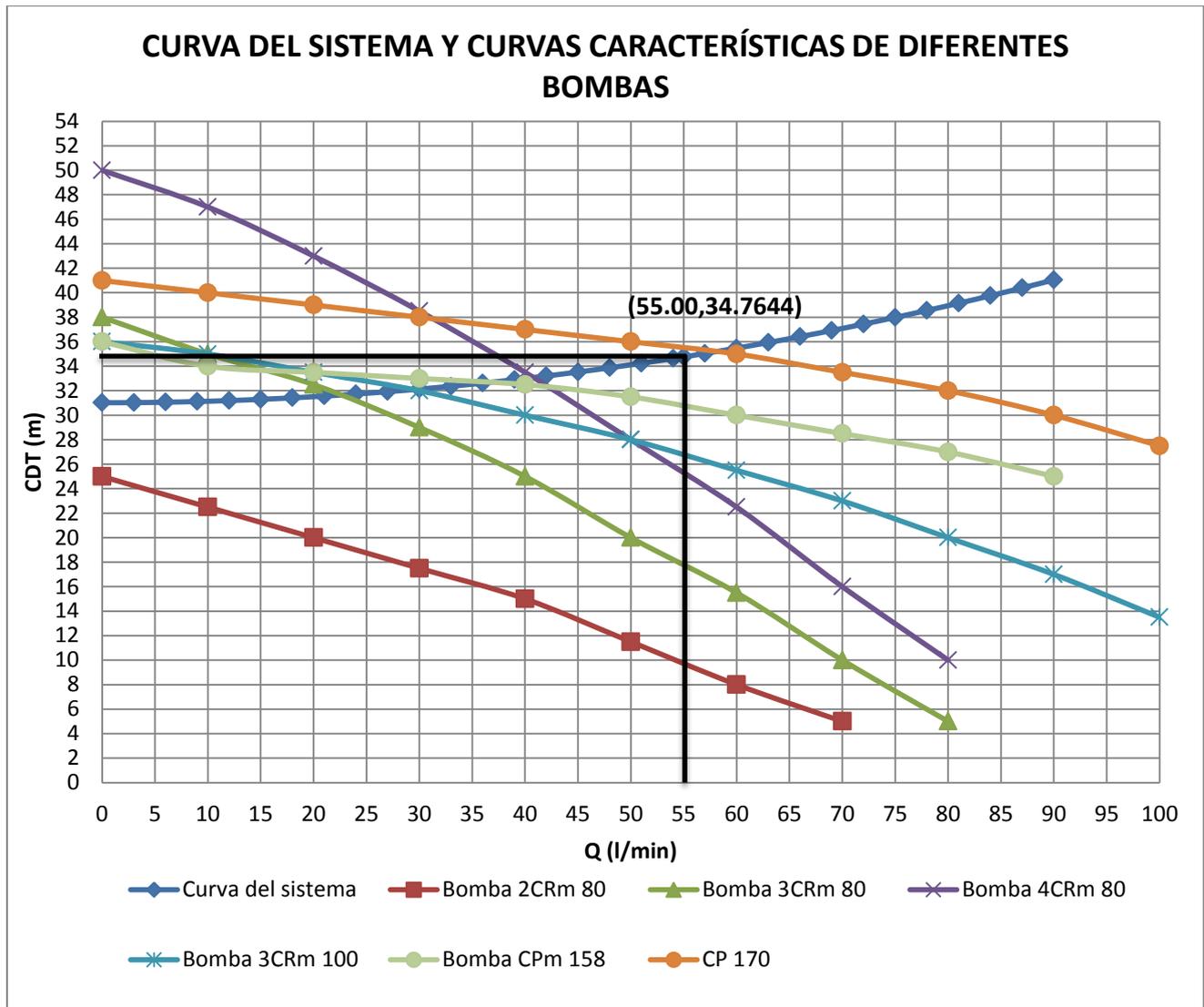


Figura 4. Curva del sistema y curvas características de diferentes bombas.

La bomba a seleccionar es la bomba de modelo CP 170 que tiene una potencia de 1.5 HP, ya que así aseguraremos el correcto funcionamiento del sistema como se puede observar en la figura anterior.

4.1.11 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y VENTILACIÓN SANITARIAS

El diseño para esta instalación será separada en dos secciones, es decir, consiste en construir dos redes independientes, una que se encargue de evacuar las aguas grises de los aparatos como son lavabos, lavavajillas y tarjas de todos los niveles llamada sección 1 y otra encargada de evacuar el agua residual de los muebles de los baños como son w.c. con fluxómetro, lavabos y mingitorios de todos los niveles llamada sección 2. Se diseñó de esta manera para evitar mayor longitud de tubería además de que se tendrán menores diámetros en la misma.

4.1.11.1 MÉTODO DE UNIDADES MUEBLE DE GASTO

Para el cálculo de los gastos vertidos por cada mueble sanitario se utilizará el método de unidades mueble de gasto.

En donde se adopta una unidad llamada de descarga o unidad mueble de gasto, que engloba el doble concepto de gasto y simultaneidad.

Se asigna un número de unidades de descarga a cada aparato sanitario, que es distinto para cada clase de instalación, debido a la frecuencia de uso del mismo.

La unidad de descarga sirve para estimar los gastos de los distintos aparatos sanitarios. En la Tabla 17 se presentan las unidades de descarga para cada mueble.

Tabla 17. Unidades mueble de desagüe.

MUEBLE	U.M.	DIÁMETRO EN mm
Bebedero	0.5	25
Bidet	3	38
Coladera de piso	-	50
Excusado de tanque	4	100
Excusado de válvula	8	100
Fregadero doméstico	2	38
Fregadero doméstico con triturador	3	38
Fregadero de restaurante	3	38
Grupo de baño con wc, lavabo, tina o regadera:		
Con wc tanque	6	-
Con wc de fluxómetro	8	-
Lavabo (desagüe chico)	1	32
Lavabo (desagüe grande)	2	38
Lavabo de barbería	2	38
Lavabo de cirugía	2	38
Lavabo colectivo, cada juego de llaves		
Lavabo dental	1	32
Lavadero	2	38
Lavadora de trastes doméstica	2	38
Mingitorio de pedestal	8	75
Mingitorio de pared	4	50
Mingitorio colectivo, cada 60 cm	2	50
Regadera	2	50
Regadera grupo cada cebolla	3	-
Tina	2	38
Tina grande	2	38
Unidad dental	1	32
Vertedero de cirugía	3	38

MUEBLE	U.M.	DIÁMETRO EN mm
Vertedero de servicio	3	75
Vertedero de servicio con trampa	2	50
Vertedero de cocina	4	38

Fuente: Apuntes de la clase de instalaciones de suministro y evacuación de agua para edificios que imparte el Ingeniero Enrique Barranco Vite en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

4.1.11.2 DISEÑO DE DERIVACIONES, COLUMNAS Y COLECTORES

Las derivaciones se calculan sumando todas las unidades de descarga que desalojará la derivación, en función de la pendiente con la que se instala.

Para realizar el cálculo de los diámetros de los ramales, las bajadas y el albañal de la instalación de drenaje, se deben de respetar los diámetros mínimos de descarga de cada mueble. Los diámetros de descarga no pueden conectarse a un diámetro menor.

Cabe mencionar que el diámetro mínimo de un mueble W.C. es de 100 mm.

La pendiente para la tubería de drenaje será no menor de 2% y para ventilación de 1%.

El material que se considera para el diseño de la red de evacuación y la red de ventilación es el policloruro de vinilo (PVC) ya que comparando este material con materiales tradicionales como el cobre o el acero galvanizado, las ventajas que se tienen son las siguientes: ligereza, flexibilidad, presenta paredes lisas, resistencia a la corrosión y bajos costos.

En la Tabla 18 se muestra la capacidad máxima para albañales y ramales de albañal.

Tabla 18. Capacidad máxima en unidad mueble para albañales y ramales de albañal para diversas pendientes.

DIÁMETRO mm	PENDIENTE			
	0.50%	1%	2%	4%
32	-	-	1	1
38	-	-	3	3
50	-	-	21	26
64	-	-	24	31
75	-	20*	27*	36*
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
375	7000	8500	10000	12000

NOTA: *No más de dos inodoros

Fuente: Apuntes de instalaciones sanitarias en edificación, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.

En la Tabla 19 se muestra la capacidad máxima de las columnas.

Tabla 19. Capacidad máxima de columnas de desagüe en unidad mueble.

DIÁMETRO (mm)	CUALQUIER RAMAL HORIZONTAL	BAJADA DE TRES PISOS O MENOS	MÁS DE TRES PISOS	
			TOTAL EN LA BAJADA	TOTAL EN UN PISO
32	1	2	2	1
38	3	4	8	2
50	6	10	24	6
64	12	20	42	9
75	20*	30**	60**	16*
100	160	240	500	90
150	620	960	1900	350
200	1400	2200	3600	600
250	2500	3800	5600	1000
300	3900	6000	8400	1500

NOTA: *No más de dos inodoros **No más de seis inodoros

Fuente: Apuntes de instalaciones sanitarias en edificación, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.

4.1.11.3 DISEÑO DE LA RED DE VENTILACIÓN

La Tabla 20 muestra el diámetro de la ventilación requerida en función del número de unidades de descarga.

Tabla 20. Longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación.

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE DESAGÜE		UNIDADES DE DESCARGA (máximo)	DIÁMETRO DE LA VENTILACIÓN DEL CIRCUITO DEL ANILLO (pulgadas)						
			1 ½	2	2 ½	3	4	5	
mm	pulgadas		MÁXIMA LONGITUD HORIZONTAL (metros)						
38	1 ½	10	6.10						
50	2	12	4.55	12.20					
50	2	20	3.05	9.15					
75	3	10		6.10	12.20	30.50			
75	3	30			12.20	30.50			
75	3	60			4.85	24.50			
10	4	100			6.10	15.80	61.00		
10	4	200			5.50	15.80	55.00		
10	4	500			4.52	11.00	42.50		
125	5	200				4.90	21.50	61.00	
125	5	1100				3.00	12.20	42.50	

Fuente: Apuntes de la clase instalaciones de suministro y evacuación de agua para edificios que imparte el Ingeniero Enrique Barranco Vite en la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

El diámetro de las columnas se determina en función del diámetro de la columna de descarga que corresponde, del total de unidades de descarga que sirve y de la longitud de la columna misma.

Tabla 21. Longitud máxima de columnas de ventilación en metros.

DIÁMETRO DE LA BAJADA (mm)	U.M.	DIÁMETRO DE LA VENTILACIÓN REQUERIDA								
		32	38	50	64	75	100	125	150	200
32	2	9								
38	8	15	46							
64	10	9	30							
50	12	9	23	61						
50	20	8	15	46						
38	42		9	30	91					
75	10		9	30	61	183				
75	30			18	61	152				
75	60			15	24	122				
100	100			11	30	79	305			
100	200			9	28	76	274			
100	500			6	21	55	213			
125	200				11	24	107	305		
125	500				9	21	91	274		
125	1100				6	15	61	213		
150	350				8	15	61	122	396	
150	620				5	9	38	91	335	
150	960					7	30	76	305	
150	1900					6	21	61	213	
200	600						15	46	152	396
200	1400						12	30	122	366
200	2200						9	24	107	335
200	3600						8	18	76	244
250	1000							23	38	305
250	2500							15	30	152
250	3800							9	24	107
250	5600							8	18	76

NOTA: El 20% de la longitud anotada puede ser instalada en posición horizontal

Fuente: Apuntes de instalaciones sanitarias en edificación, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.

En la Tabla 22 se muestra el cálculo del diseño de la instalación de aguas residuales, donde los tramos se pueden observar en el plano *DISEÑO EVACUACIÓN DE AGUA RESIDUAL*:

Tabla 22. Cálculo de los diámetros de la Red de Drenaje.

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje		Ventilación		
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)
SECCIÓN 1									
A2-B2	<i>Fregadero de restaurante</i>	2	3	6	2%	38			38
				6		38			
B2-C2	<i>Fregadero de restaurante</i>	2	3	6	2%	38			38
	<i>Lavabo</i>	1	1	1		32			
				7		50			
C2-W	<i>Fregadero de restaurante</i>	2	3	6	2%	38			75
	<i>Lavabo</i>	1	1	1		32			
	<i>Lavavajillas</i>	2	2	4		38			
				11		50			
A-B	<i>Fregadero de restaurante</i>	1	3	3	2%	38			38
				3		38			
B-C	<i>Fregadero de restaurante</i>	1	3	3	2%	38			38
	<i>Lavabo</i>	1	1	1		32			
				4		50			
C-D	<i>Fregadero de restaurante</i>	1	3	3	2%	38			50
	<i>Lavabo</i>	1	1	1		32			
	<i>Lavavajillas</i>	1	2	2		38			
				6		50			
D-E	<i>Fregadero de restaurante</i>	2	3	6	2%	38			50
	<i>Lavabo</i>	1	1	1		32			
	<i>Lavavajillas</i>	1	2	2		38			
				9		50			
E-F	<i>Fregadero de restaurante</i>	2	3	6	2%	38			50
	<i>Lavabo</i>	2	1	2		32			
	<i>Lavavajillas</i>	1	2	2		38			
				10		50			
F-W1	<i>Fregadero de restaurante</i>	2	3	6	2%	38			50
	<i>Lavabo</i>	2	1	2		32			
	<i>Lavavajillas</i>	2	2	4		38			
				12		50			
L-K	<i>Lavavajillas</i>	1	2	2	2%	38			38
				2		38			
K-J	<i>Lavavajillas</i>	1	2	2	2%	38			38
	<i>Lavabo</i>	1	1	1		32			
				3		38			

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje			Ventilación	
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
J-I	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				6		50			
I-H	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				8		50			
H-G	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				9		50			
G-W1	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	2	3	6		38			
				12		50			
A1-B1	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			38
				3		38			
B1-C1	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			38
	Lavabo	1	1	1		32			
				4		50			
C1-D1	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				6		50			
D1-E1	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				9		50			
E1-F1	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				10		50			
F1-W2	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Lavavajillas	2	2	4		38			
				12		50			
L1-K1	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			38
				2		38			

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje			Ventilación	
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
K1-J1	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			38
	Lavabo	1	1	1		32			
				3		38			
J1-I1	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				6		50			
I1-H1	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				8		50			
H1-G1	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				9		50			
G1-W2	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	2	3	6		38			
				12		50			
AA-BB	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			38
				2		38			
BB-CC	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			38
	Lavabo	1	1	1		32			
				3		38			
CC-DD	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				6		50			
DD-EE	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				8		50			
EE-FF	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				9		50			
FF-X	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	2	3	6		38			
				12		50			

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje			Ventilación	
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)	ϕ (mm)
LL-KK	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			38
				3		38			
KK-JJ	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			38
	Lavabo	1	1	1		32			
				4	50				
JJ-II	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				6	50				
II-HH	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				9	50				
HH-GG	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				10	50				
GG-X	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Lavavajillas	2	2	4		38			
				12	50				
AA1-BB1	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			38
				2	38				
BB1-CC1	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			38
	Lavabo	1	1	1		32			
				3	38				
CC1-DD1	Lavavajillas	1	2	2	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				6	50				
DD1-EE1	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				8	50				
EE1-FF1	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	1	3	3		38			
				9	50				

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje			Ventilación	
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
FF1-X1	Lavavajillas	2	2	4	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Fregadero de restaurante	2	3	6		38			
				12		50			
LL1-KK1	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			38
				3		38			
KK1-JJ1	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			38
	Lavabo	1	1	1		32			
				4		50			
JJ1-II1	Fregadero de restaurante	1	3	3	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				6		50			
II1-HH1	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	1	1	1		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				9		50			
HH1-GG1	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Lavavajillas	1	2	2		38			
				10		50			
GG1-X1	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%	38			50
	Lavabo	2	1	2		32			
	Lavavajillas	2	2	4		38			
				12		50			
COLUMNAS									
W-W1	Fregadero de restaurante	2	3	6	2%		64	64	
	Lavabo	1	1	1					
	Lavavajillas	2	2	4					
				11					
W1-W2	Fregadero de restaurante	6	3	18	2%		100	64	
	Lavabo	5	1	5					
	Lavavajillas	6	2	12					
				35					
W2-X2	Fregadero de restaurante	10	3	30	2%		100	64	
	Lavabo	9	1	9					
	Lavavajillas	10	2	20					
				59					

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje			Ventilación	
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)	Φ (mm)
X-X1	<i>Fregadero de restaurante</i>	4	3	12	2%		75	50	
	<i>Lavabo</i>	4	1	4					
	<i>Lavavajillas</i>	4	2	8					
				24					
X1-X2	<i>Fregadero de restaurante</i>	8	3	24	2%		100	50	
	<i>Lavabo</i>	8	1	8					
	<i>Lavavajillas</i>	8	2	16					
				48					
TRAMO A COLECTOR MUNICIPAL									
X2-ALB	<i>Fregadero de restaurante</i>	18	3	54	2%	38			
	<i>Lavabo</i>	17	1	17					
	<i>Lavavajillas</i>	18	2	36					
				107	100				
SECCIÓN 2									
P2-Q2	<i>Mingitorio</i>	2	4	8	2%	50			38
	<i>Lavabo</i>	2	1	2					
				10		50			
Q2-Y2	<i>Fregadero de servicio</i>	1	3	3	2%	75			75
	<i>Lavabo</i>	5	1	5					
	<i>WC Fluxómetro</i>	3	8	24					
	<i>Mingitorio</i>	2	4	8					
				40		100			
T2-U2	<i>WC Fluxómetro</i>	3	8	24	2%	100			64
	<i>Lavabo</i>	3	1	3					
				27		100			
U2-V2	<i>WC Fluxómetro</i>	4	8	32	2%	100			64
	<i>Lavabo</i>	5	1	5					
				37		100			
V2-Y2	<i>WC Fluxómetro</i>	4	8	32	2%	100			64
	<i>Lavabo</i>	5	1	5					
	<i>Fregadero de servicio</i>	1	3	3					
				40		100			
P-Q	<i>Mingitorio</i>	2	4	8	2%	50			38
	<i>Lavabo</i>	2	1	2					
				10		50			
Q-Y	<i>Mingitorio</i>	2	4	8	2%	50			75
	<i>Lavabo</i>	5	1	5					
	<i>WC Fluxómetro</i>	3	8	24					
	<i>Fregadero de servicio</i>	1	3	3					
				40		100			

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje			Ventilación	
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
T-U	WC Fluxómetro	3	8	24		100			64
	Lavabo	3	1	3	2%	32			
				27		100			
U-V	WC Fluxómetro	4	8	32		100			64
	Lavabo	5	1	5	2%	32			
				37		100			
V-Y	WC Fluxómetro	4	8	32		100			64
	Lavabo	5	1	5	2%	32			
	Fregadero de servicio	1	3	3		75			
				40		100			
P1-Q1	Mingitorio	2	4	8		50			38
	Lavabo	2	1	2	2%	32			
				10		50			
Q1-Y1	Mingitorio	2	4	8		50			75
	Lavabo	5	1	5		32			
	WC Fluxómetro	3	8	24	2%	100			
	Fregadero de servicio	1	3	3		75			
				40		100			
T1-U1	WC Fluxómetro	3	8	24		100			64
	Lavabo	3	1	3	2%	32			
				27		100			
U1-V1	WC Fluxómetro	4	8	32		100			64
	Lavabo	5	1	5	2%	32			
				37		100			
V1-Y1	WC Fluxómetro	4	8	32		100			64
	Lavabo	5	1	5	2%	32			
	Fregadero de servicio	1	3	3		75			
				40		100			
P3-Q3	Mingitorio	2	4	8		50			38
	Lavabo	2	1	2	2%	32			
				10		50			
Q3-Y3	Mingitorio	2	4	8		50			75
	Lavabo	5	1	5		32			
	WC Fluxómetro	3	8	24	2%	100			
	Fregadero de servicio	1	3	3		75			
				40		100			
T3-U3	WC Fluxómetro	3	8	24		100			64
	Lavabo	3	1	3	2%	32			
				27		100			

Tramo	Mueble	Cantidad	Unida Mueble	Σ Unidad Mueble	Drenaje		Ventilación		
					Ramal		Bajada	Columna	Anillo
					%	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)	φ (mm)
U3-V3	WC Fluxómetro	4	8	32		100			
	Lavabo	5	1	5	2%	32		64	
				37		100			
V3-Y3	WC Fluxómetro	4	8	32		100			
	Lavabo	5	1	5	2%	32		64	
	Fregadero de servicio	1	3	3		75			
				40		100			
COLUMNAS									
Y2-Y	Fregadero de servicio	2	3	6					
	Lavabo	10	1	10					
	Mingitorio	2	4	8	2%		100	75	
	WC Fluxómetro	7	8	56					
				80					
Y-Y1	Fregadero de servicio	4	3	12					
	Lavabo	20	1	20					
	Mingitorio	4	4	16	2%		100	75	
	WC Fluxómetro	14	8	112					
				160					
Y1-Y3	Fregadero de servicio	6	3	18					
	Lavabo	30	1	30					
	Mingitorio	6	4	24	2%		150	75	
	WC Fluxómetro	21	8	168					
				240					
TRAMO A COLECTOR MUNICIPAL									
Y3-ALB	Fregadero de servicio	8	3	24		75			
	Lavabo	40	1	40		32			
	Mingitorio	8	4	32	2%	50			
	WC Fluxómetro	28	8	224		100			
				320		150			

De acuerdo a los resultados del cálculo anterior, la tubería de evacuación queda de la siguiente manera: para la tubería de la sección 1 la mayor parte será de 50 mm, habiendo secciones en donde hay menor cantidad de muebles por lo que el diámetro nominal de la tubería será de 38 mm, para las columnas, del tercer al segundo nivel el diámetro será de 64 mm, del segundo al primer nivel será de 75 mm y del primer nivel a la planta baja será de 100 mm. En la sección 2 la mayor parte de la tubería será de 100 mm ya que en esta parte se encuentran los w.c. con fluxómetro, habiendo secciones en donde existe menor cantidad de muebles por lo que el diámetro nominal de la tubería será de 50 mm, para las columnas, del tercer al primer nivel el diámetro será de 100 mm y del primer nivel a la planta baja será de 150 mm.

La tubería de ventilación queda de la siguiente manera: para la tubería de la sección 1 la mayor parte será de 50 mm, habiendo secciones donde hay menor cantidad de muebles por lo que el diámetro será de 38 mm, para las columnas el diámetro será de 64 mm. En la sección 2 la mayor parte de la tubería será de 64 mm, habiendo partes en las que se concentran w.c. fluxómetros que es donde la tubería será de 75 mm y partes en las que hay menor cantidad de muebles donde será de 38 mm, las columnas serán de 75 mm.

Los resultados se pueden consultar en el plano *DISEÑO EVACUACIÓN Y VENTILACIÓN DE AGUA RESIDUAL*.

Considerando el mantenimiento de la tubería de evacuación de agua residual se colocarán conexiones con salidas laterales con su respectivo tapón al final de cada tramo para de ahí poder realizar los trabajos de mantenimiento.

4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS (SSCI)

4.2.1 CLASE DE INCENDIO Y ANALISIS DEL RIESGO

Para determinar el riesgo de un posible incendio el primer paso es clasificar el incendio, por lo que la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de Seguridad - Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo, dentro de su Capítulo 7 Condiciones de prevención y protección contra incendios, define las clases de fuego.

Clases de fuego según la NOM-002-STPS-2010:

- a) Fuego clase A: Es aquel que se presenta en material combustible sólido, generalmente de naturaleza orgánica, y que su combustión se realiza normalmente con formación de brasas;
- b) Fuego clase B: Es aquel que se presenta en líquidos combustibles e inflamables y gases inflamables;
- c) Fuego clase C: Es aquel que involucra aparatos, equipos e instalaciones eléctricas energizadas;
- d) Fuego clase D: Es aquel en el que intervienen metales combustibles, tales como el magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio, y
- e) Fuego clase K: Es aquel que se presenta básicamente en instalaciones de cocina, que involucra sustancias combustibles, tales como aceites y grasas vegetales o animales. Los fuegos clase K ocurren en los depósitos de grasa semipolimerizada, y su comportamiento es distinto a otros combustibles.

La Norma NFPA 10 clasifica el riesgo en las edificaciones de acuerdo al tipo y a la cantidad de materiales dentro de las mismas:

Clasificación de riesgos de la instalación según la NFPA 10:

Cuartos o áreas deberán ser clasificadas generalmente en riesgos ligero (bajo), ordinario (moderado), extra (alto).

Riesgo Ligero (Bajo): Lugares de riesgo ligero (bajo) son aquellos en donde el total de materiales combustibles de Clase A y Clase B es de menor cantidad y se desarrollan fuegos con rangos bajos de liberación de calor. Estas instalaciones contienen riesgos de incendio con cantidades normales de combustibles Clase A con acabados combustibles normales o la cantidad total de inflamable Clase B no sea mayor a 1 galón (3.8 litros) en cualquier lugar del área.

Riesgo Ordinario (Moderado): Lugares con clasificación de riesgo ordinario o moderado son instalaciones donde la cantidad de materiales combustibles de Clase A y Clase B es ordinaria o moderada y se espera se desarrollen los fuegos con rangos ordinario o moderados de liberación de calor.

Riesgo Extra (Alto): Lugares con clasificación de riesgo extra o altos son instalaciones donde la cantidad de materiales combustibles de Clase A es alta o donde altas cantidades de combustibles Clase B estén presentes y se espera se desarrollen fuegos con liberación de grandes cantidades de calor. Estas instalaciones consisten en instalaciones con almacenaje, empaque, manejo o fabricación de materiales o combustibles de la Clase A y/o la cantidad total de inflamable Clase B sea mayor a 5 galones (18.9 litros) en cualquier lugar del área.

De acuerdo a las normas anteriormente citadas, la edificación se clasifica como fuego clase K y de riesgo extra (alto).

4.2.2 DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS A PROTEGER

La condición para establecer las áreas de protección contra incendio es la de definir el máximo tamaño de área de protección contra incendios.

La superficie a proteger por cada nivel es:

$$\text{Área} = 1270.641 \text{ m}^2$$

4.2.3 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO

Establecidas las áreas a proteger, se ha propuesto un sistema contra incendio compuesto por extintores e hidrantes.

4.2.4 SELECCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE EXTINTORES

La Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010 hace mención sobre la instalación de extintores y su distancia máxima de acuerdo a la clase de fuego:

Instalar extintores en las áreas del centro de trabajo, de acuerdo con lo siguiente:

- a) Contar con extintores conforme a la clase de fuego que se pueda presentar;
- b) Colocar al menos un extintor por cada 300 metros cuadrados de superficie o fracción, si el grado de riesgo es ordinario;
- c) Colocar al menos un extintor por cada 200 metros cuadrados de superficie o fracción, si el grado de riesgo es alto;
- d) No exceder las distancias máximas de recorrido que se indican en la Tabla 1, por clase de fuego, para acceder a cualquier extintor, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios:

Riesgo de incendio	Distancia máxima al extintor (metros)		
	Clases A,C y D	Clase B	Clase K
Ordinario	23	15	10
Alto	23	10*	10

Tabla 23. Distancias máximas de recorrido por tipo de riesgo y clase de fuego.

* Los extintores para el tipo de riesgo de incendio alto y fuego clase B, se podrán ubicar a una distancia máxima de 15 m, siempre que sean del tipo móvil.

De acuerdo a la Tabla 23:

Para la planta tipo 1, que es donde se encuentran los locales de comida rápida se sembrarán diez extintores, para que así cada local cuente con un extintor, además de que se estará cumpliendo toda la superficie de protección.

Para la planta tipo 2, que es donde se encuentra el restaurante se sembrarán seis extintores, ya que con esta cantidad se estará cubriendo toda la superficie de protección.

Selección de extintores:

Para seleccionar el tipo de extintores la NOM-002-STPS-2010 nos muestra una tabla donde relaciona el agente extintor con la clase de fuego (Tabla 24).

Tabla 24. Clase de fuego y agente extintor aplicable.

Agente extintor	Fuego Clase A	Fuego Clase B	Fuego Clase C	Fuego Clase D	Fuego Clase K
Agua	Sí	No	No	No	No
Polvo Químico Seco, tipo ABC	Sí	Sí	Sí	No	No
Polvo Químico Seco, tipo BC	No	Sí	Sí	No	No
Bióxido de Carbono (CO2)	No	Sí	Sí	No	No
Agentes limpios	Sí	Sí	Sí	No	No
Espuma Mecánica	Sí	Sí	No	No	No
Agentes Especiales	No	No	No	Sí	No
Químico Húmedo	Sí	Sí	No	No	Sí

De acuerdo a la tabla anterior y debido a que nuestro fuego es clase K, se colocarán extintores con un agente extintor tipo químico húmedo en el área de cocinas, en las demás áreas como son pasillos y área de comensales se sembrarán extintores de polvo químico seco tipo ABC.

En la azotea se colocarán dos extintores de polvo químico seco tipo ABC que cubrirán el área del tanque de almacenamiento.

4.2.5 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE HIDRANTES

Para la planta tipo 1, que es donde se encuentran los locales de comida rápida, se tiene:

El área de protección con sistema de hidrantes es:

Radio de protección = 30.00 m

Área de protección de un hidrante = 2827.43 m²

Por lo que colocando dos hidrantes con manguera de una longitud de 30 metros, en ambos extremos se cubre el área.

Para la planta tipo 2, que es donde se encuentra el restaurante, se tiene:

El área de protección con sistema de hidrantes es:

Radio de protección = 30.00 m

Área de protección de un hidrante = 2827.43 m²

Radio de protección del hidrante ubicado en la salida de la cocina del restaurante = 15.00 m

Área de protección = 706.86 m²

Por lo que colocando dos hidrantes con manguera de una longitud de 30 metros en ambos extremos se cubre el área, además se agregará un tercer hidrante con manguera de una longitud de 30 metros en este nivel, exclusivo para el área de la cocina, debido a que la cocina se encuentra dentro de un cuarto y la manguera del hidrante más cercano no alcanza a cubrir el área, quedando la distribución de la siguiente forma:

La distribución y cobertura de los hidrantes y extintores en la planta tipo 1, se muestra en la Figura 5.

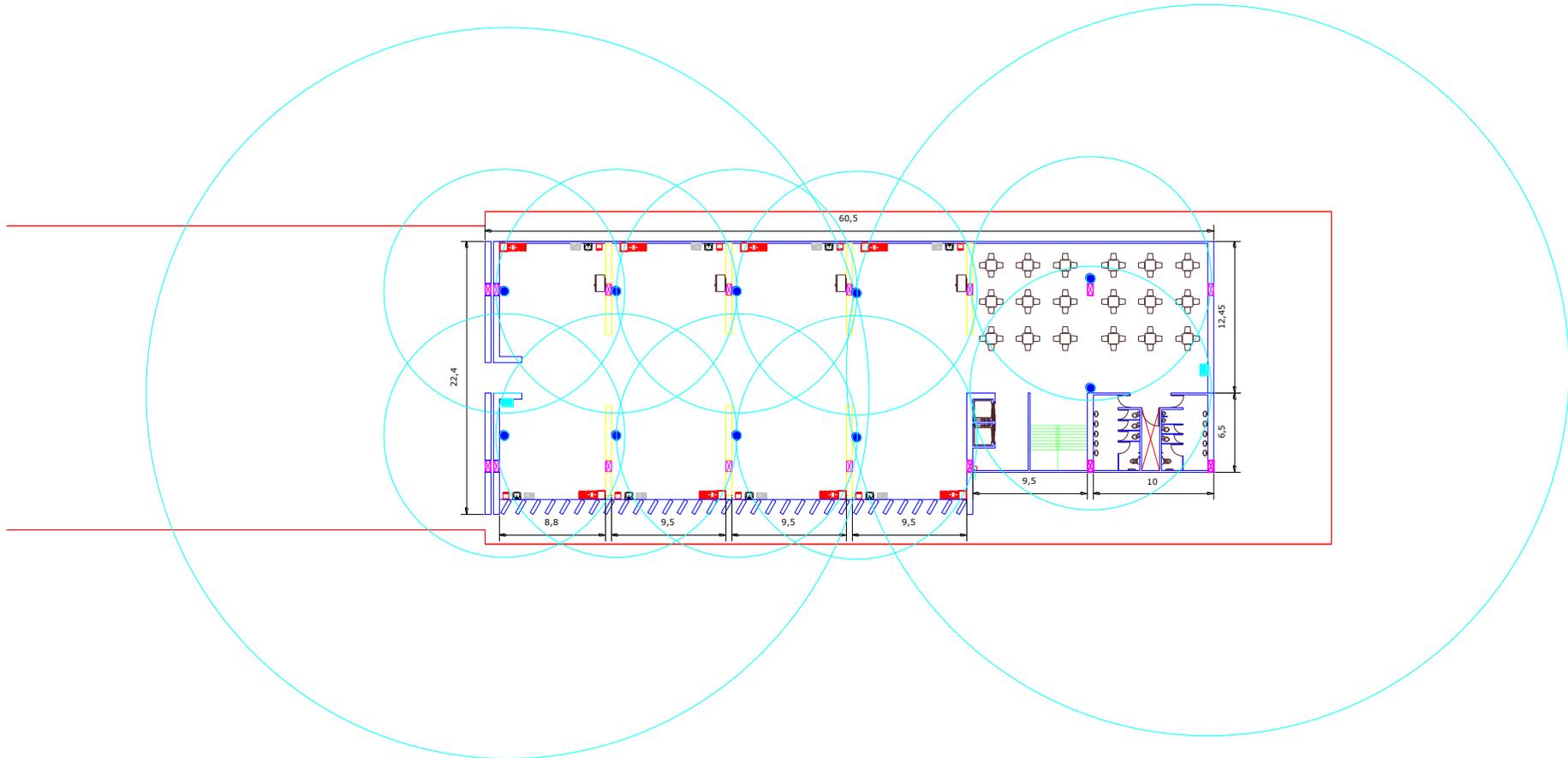


Figura 5. Distribución y cobertura de hidrantes y extintores en la planta tipo 1 (zona de comida rápida).

Acotaciones:

- Hidrante
- Extintor

En la Figura 6 se muestra la distribución y cobertura de los hidrantes y extintores en la planta tipo 2.

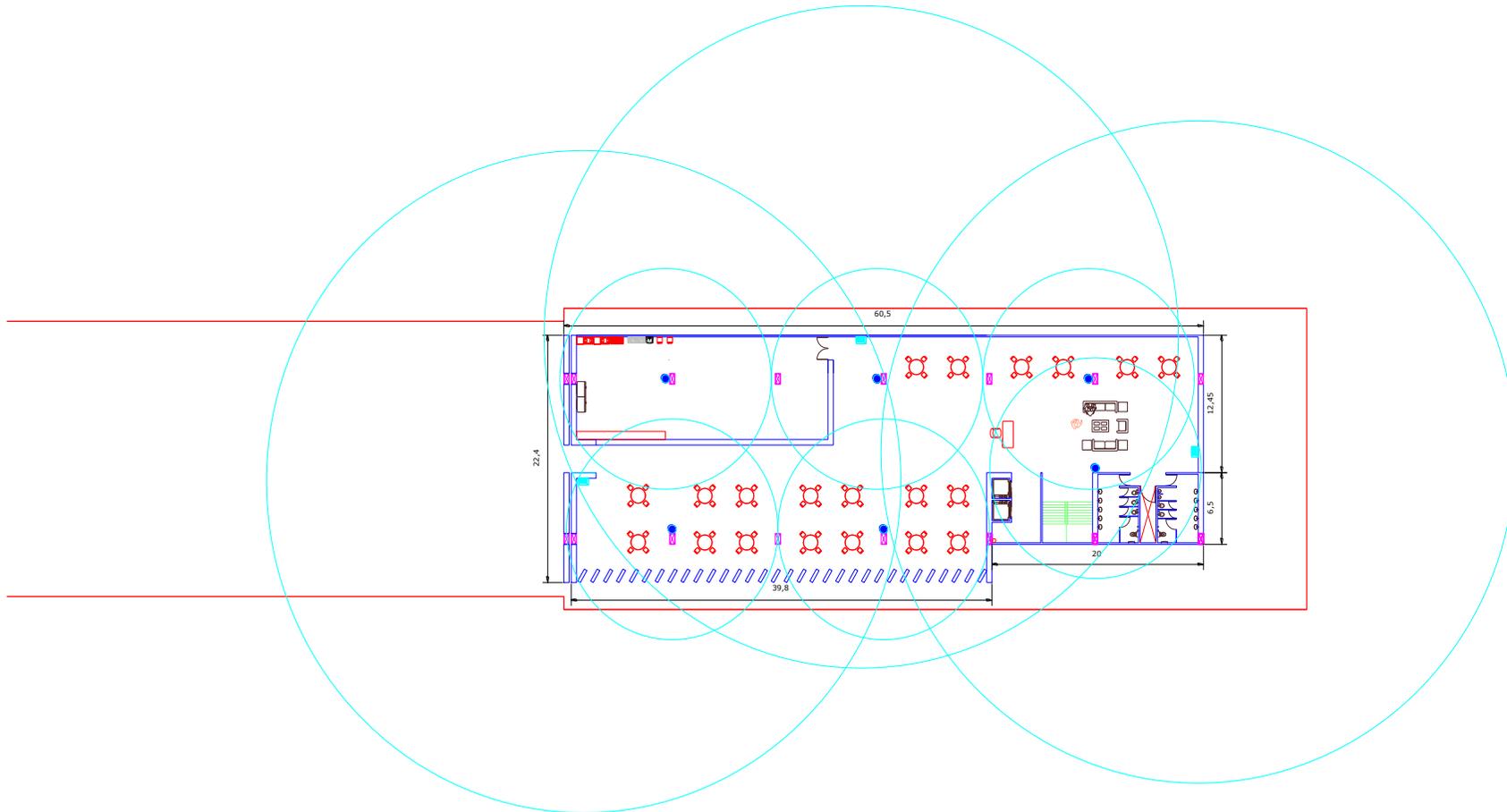


Figura 6. Distribución y cobertura de hidrantes y extintores en la planta tipo 2 (zona de restaurante).

Acotaciones:

- Hidrante
- Extintor

4.2.6 DISEÑO DE LA RED CONTRA INCENDIO

El diseño de la red contra incendio será con tubería de acero cédula 40 ya que presenta ventajas con relación a otros materiales, como son: es inoxidable, hay uniformidad de la superficie interior, reduce la caída de presión y tiene una alta durabilidad.

El diseño de la red contra incendio será definido tomando en cuenta cuatro hidrantes simultáneamente para así asegurar el funcionamiento de los tres hidrantes ubicados en la planta tipo 2, que es en donde se tiene la mayor cantidad de hidrantes y un hidrante más para mayor seguridad.

4.2.6.1 CÁLCULO DEL GASTO DE DISEÑO

Calculando el gasto de diseño, que considera cuatro hidrantes trabajando simultáneamente, ya que con esto asegura la operación de los hidrantes del primer y segundo nivel simultáneamente o de la operación simultánea de los tres hidrantes presentes en el tercer nivel teniendo en este caso específico otro hidrante que podrá operar para mayor seguridad:

Gasto demandado por cada hidrante = 40 GPM

$$Q_{TOTAL} = 4 * 40 = 160 \text{ GPM}$$

$$1 \text{ Galón} = 3.7854118 \text{ Litros}$$

$$Q_{TOTAL} = 160 \frac{G}{min} \left(\frac{3.7854118 \text{ l}}{1 G} \right) \left(\frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right) = 10.0944 \frac{l}{s}$$

$$Q_{TOTAL} = 10.0944 \frac{l}{s} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right) = 0.0100944 \frac{\text{m}^3}{s}$$

4.2.6.2 CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE LA TUBERÍA DE LA RED DEL SSCI

Para el cálculo de los diámetros de la tubería de la red contra incendio se utilizará el método de balanceo de la tubería, en donde se establecen límites mínimos y máximos de pérdidas por fricción en las tuberías de succión y de descarga.

Los límites de pérdidas por fricción para las tuberías de succión son del 0.5% al 5% y para las tuberías de descarga son del 5% al 10%.

A su vez los límites de velocidad en las tuberías de succión son de 2.5 ft/s (0.762 m/s) a 5 ft/s (1.524 m/s) y para las tuberías de descarga son de 5 ft/s (1.524 m/s) a 10 ft/s (3.048 m/s).

De acuerdo al plano *DISEÑO SSCI* se calcula el gasto en la tubería del Sistema de Seguridad Contra Incendios:

Tabla 25. Cálculo del gasto en la tubería del SSCI.

Tramos	Cantidad de Hidrantes	Gasto (GPM)	Gasto (l/s)
Bomba-J	4	160	10.0944
J-I	1	40	2.5236
J-H	1	40	2.5236
J-G	4	160	10.0944

Tramos	Cantidad de Hidrantes	Gasto (GPM)	Gasto (l/s)
G-F	1	40	2.5236
G-E	1	40	2.5236
G-D	3	120	7.5708
D-C	1	40	2.5236
D-B	2	80	5.0472
B-A	1	40	2.5236

De acuerdo a estos límites el Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de América nos proporciona tablas de pérdidas por fricción en tuberías de acero cédula 40 en 100 pies de longitud:

Tabla 26. Pérdidas de fricción en tuberías de acero cédula 40 en 100 pies de longitud del Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de América.

2"			
2.067" Diámetro Interior			
U.S. G.P.M.	Velocidad (ft/s)	Carga de velocidad $V^2/2g$ (ft)	Pérdidas por fricción hf (ft)
24	2.29	0.08	1.20
25	2.39	0.09	1.29
30	2.87	0.13	1.82
35	3.35	0.17	2.42
40	3.82	0.23	3.10
45	4.30	0.29	3.85
50	4.78	0.36	4.67
55	5.25	0.43	5.51
60	5.74	0.51	6.59
65	6.21	0.60	7.70
70	6.69	0.70	8.86
75	7.16	0.80	10.15
80	7.65	0.91	11.40
85	8.11	1.03	12.60
90	8.60	1.15	14.20
95	9.09	1.29	15.80
100	9.56	1.42	17.40
120	11.50	2.05	24.70
140	13.40	2.78	33.20
160	15.30	3.64	43.00
180	17.20	4.60	54.10
200	19.10	5.68	66.30
220	21.00	6.88	80.00
240	22.90	8.18	95.00
260	24.90	9.60	111.00
280	26.80	11.14	128.00
300	28.70	12.80	146.00

2 1/2"			
2.469" Diámetro Interior			
U.S. G.P.M.	Velocidad (ft/s)	Carga de velocidad $V^2/2g$ (ft)	Pérdidas por fricción h_f (ft)
25	1.68	0.04	0.54
30	2.01	0.06	0.75
35	2.35	0.09	1.00
40	2.68	0.11	1.28
45	3.02	0.14	1.60
50	3.35	0.17	1.94
60	4.02	0.25	2.72
70	4.69	0.34	3.63
80	5.36	0.45	4.66
90	6.03	5.82	5.82
100	6.70	7.11	7.11
120	8.04	10.00	10.00
140	9.38	13.50	13.50
160	10.70	17.40	17.40
180	12.10	21.90	21.90
200	13.40	26.70	26.70
220	14.70	32.20	32.20
240	16.10	38.10	38.10
260	17.40	44.50	44.50
280	18.80	51.30	51.30
300	20.10	58.50	58.50
350	23.50	79.20	79.20
400	26.80	103.00	103.00
3"			
3.068" Diámetro Interior			
U.S. G.P.M.	Velocidad (ft/s)	Carga de velocidad $V^2/2g$ (ft)	Pérdidas por fricción h_f (ft)
50	2.17	0.07	0.66
60	2.60	0.11	0.92
70	3.04	0.14	1.22
80	3.47	0.19	1.57
90	3.91	0.24	1.96
100	4.34	0.29	2.39
120	5.21	0.42	3.37
140	6.08	0.57	4.51
160	6.94	0.75	5.81
180	7.81	0.95	7.28

3"			
3.068" Diámetro Interior			
U.S. G.P.M.	Velocidad (ft/s)	Carga de velocidad $V^2/2g$ (ft)	Pérdidas por fricción h_f (ft)
200	8.68	1.17	8.90
220	9.55	1.42	10.70
240	10.40	1.69	12.60
260	11.30	1.98	14.70
280	12.20	2.29	16.90
300	13.00	2.63	19.20
350	15.20	3.58	16.10
400	17.40	4.68	33.90
500	21.70	7.32	52.50
550	23.80	8.85	63.20
600	26.00	10.50	71.80
700	30.40	14.30	101.00

Fuente: <http://pumps.org/>

De acuerdo con la Tabla 26 y al gasto de diseño se determinan los diámetros de la tubería del SSCI (Ver a detalle en el plano *DISEÑO SSCI*):

Para la tubería de descarga:

Tabla 27. Selección del diámetro en la tubería de descarga del SSCI.

Tramos	Cantidad de Hidrantes	Gasto (GPM)	Gasto (l/s)	Gasto (m ³ /s)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (ft/s)	Porcentaje de pérdidas por fricción (%)
Bomba-J	4	160	10.0944	0.0101	3"	6.94	5.81
J-I	1	40	2.5236	0.0025	2"	3.82	3.1
J-H	1	40	2.5236	0.0025	2"	3.82	3.1
J-G	4	160	10.0944	0.0101	3"	6.94	5.81
G-F	1	40	2.5236	0.0025	2"	3.82	3.1
G-E	1	40	2.5236	0.0025	2"	3.82	3.1
G-D	3	120	7.5708	0.0076	2 1/2"	8.04	10
D-C	1	40	2.5236	0.0025	2"	3.82	3.1
D-B	2	80	5.0472	0.0050	2 1/2"	5.36	4.66
B-A	1	40	2.5236	0.0025	2"	3.82	3.1

En las columnas que van de la bomba al segundo nivel el diámetro será de 3" (80 mm), en los tramos en donde solo se abastece a un hidrante serán de 2" (50 mm), en el tramo que abastece a dos hidrantes el diámetro será de 2 1/2" (65 mm) y para la columna que va del segundo al tercer nivel el diámetro será de 2 1/2" (65 mm).

En los tramos de 2" el porcentaje de fricción está por debajo de los límites permitidos, sin embargo, se aceptan al ser los diámetros que más se ajustan, ya que de escoger otro diámetro ya sea la velocidad o las pérdidas de fricción se elevan o disminuyen ampliamente y ya no se estarían cumpliendo ambos límites.

Para la tubería de succión:

Tramos	Cantidad de Hidrantes	Gasto (GPM)	Gasto (l/s)	Gasto (m ³ /s)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (ft/s)	Porcentaje de pérdidas por fricción (%)
Succión-Bomba	4	160	10.0944	0.0101	3"	6.94	5.81

Tabla 28. Selección del diámetro en la tubería de succión del SSCI.

Se selecciona el diámetro de 3" ya que el gasto para este tramo es de 160 GPM, y de acuerdo a las tablas anteriores el diámetro que más se ajusta es el de 4" en donde su velocidad es de 6.94 ft/s y su porcentaje de pérdidas por fricción es de 5.81 ft, los cuales se encuentran dentro de los límites establecidos.

4.2.6.2 CÁLCULO DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL

La carga de diseño está conformada por varios parámetros, los cuales son:

- Carga de posición en metros (Hz)
- Carga de velocidad en metros (Hv)
- Carga de operación del rociador en metros (Hpr)
- Carga de operación del hidrante en metros (Hph)
- Carga residual en metros (Hr)
- Pérdida de Carga debido a la fricción en metros (hf)
- Pérdida de Carga debido a accesorios en metros (hm)
- Carga Dinámica Total (CDT)

$$CDT = Hz + Hv + Hp + Hr + hf + hm$$

4.2.6.2.1 CÁLCULO DE LA CARGA DE POSICIÓN (Hz)

De acuerdo al plano *DETALLES* se observa que:

Altura de Succión = 3.00 m

Altura del nivel 1 = 4.50 m

Altura del nivel 2 = 4.50 m

Altura del nivel 3 = 4.50 m

Altura del nivel 4 = 4.50 m

$$Hz = 3.00 + 4.5 + 4.5 + 4.5 + 4.5 = 21.00 \text{ m}$$

4.2.6.2.2 CÁLCULO DE LA CARGA DE VELOCIDAD (H_v)

Para la tubería de descarga, según el plano *DISEÑO SSCI* y a la tabla 27 Selección del diámetro en la tubería de descarga del SSCI se observa que:

Tabla 29. Cálculo de la carga de velocidad en la tubería de descarga del SSCI.

Tramos	Diámetro (pulg.)	Velocidad (ft/s)	Velocidad (m/s)	Carga de Velocidad (m)
Cisterna-J	3"	6.94	2.1153	0.2288
J-I	2"	3.82	1.1643	0.0693
J-H	2"	3.82	1.1643	0.0693
J-G	3"	6.94	2.1153	0.2288
G-F	2"	3.82	1.1643	0.0693
G-E	2"	3.82	1.1643	0.0693
G-D	2 1/2"	8.04	2.4506	0.3070
D-C	2"	3.82	1.1643	0.0693
D-B	2 1/2"	5.36	1.6337	0.1365
B-A	2"	3.82	1.1643	0.0693
TOTAL				1.3169

Para la tubería de succión:

Tabla 30. Cálculo de la carga de velocidad en la tubería de succión del SSCI.

Tramos	Diámetro (pulg.)	Velocidad (ft/s)	Velocidad (m/s)	Carga de Velocidad (m)
Succión-Bomba	3"	6.94	2.1153	0.2288

$$H_v = 1.3169 + 0.2288 = 1.5457 \text{ m}$$

La carga de velocidad total en la tubería es de 1.5457 m.

4.2.6.2.3 CARGA DE OPERACIÓN DEL HIDRANTE

La carga de operación del chiflón de neblina de un hidrante va desde 20 m hasta 27 m (2.0 kg/cm² a 2.7 kg/cm²) que son datos que proporcionan los fabricantes.

Se propone una carga de operación de 25 m (2.5 kg/cm²):

$$H_p = 25.00 \text{ m}$$

4.2.6.2.4 CARGA DE RESIDUAL

Asimismo, la carga residual en una manguera de 1 1/2 pulgadas de diámetro y 30 metros de longitud fabricada en nylon va de 10 m hasta 15 m (1.0 kg/cm² a 1.5 kg/cm²) que son datos que proporcionan los fabricantes.

Se propone una carga residual de 10.50 m (1.05 kg/cm²):

$$H_r = 10.50 \text{ m}$$

4.2.6.2.5 CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS POR FRICCIÓN EN TUBERÍA (h_f) Y ACCESORIOS (h_m)

El cálculo de las pérdidas debidas a fricción en tubería se obtiene de la tabla 26 Pérdidas de fricción en tuberías de acero cédula 40 en 100 pies de longitud del Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de América. Es conveniente mencionar que éste cálculo se realiza desde la succión de la bomba hasta el punto más desfavorable.

Para garantizar el buen funcionamiento del sistema de seguridad contra incendios, se debe identificar la trayectoria más desfavorable, el cual es de la succión al punto A (Ver plano *DISEÑO SSCI*):

El cálculo de las pérdidas por fricción en accesorios se obtiene utilizando la ecuación de Hazen y Williams, la cual es:

$$h_f = \left(\frac{Q}{35.834 \times 10^{-7} C d^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} L_{VIRTUAL}$$

En donde:

Q es el gasto de diseño del tramo, en l/s.

C es el coeficiente de capacidad hidráulica; C = 130 para tubos de acero.

d diámetro interior de la tubería, en mm.

$L_{VIRTUAL}$ longitud virtual del tramo en m. $L_{VIRTUAL} = L_{REAL} + L_{equivalente}$

De acuerdo con la tabla 9 Longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondientes a distintos elementos singulares de las redes hidráulicas, se calculan las pérdidas de fricción en tubería (hf) y accesorios (hm):

Tabla 31. Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería y accesorios del SSCI.

Tramo	Piezas Especiales		Longitud Equivalente		Q máximo	Diámetro interior ϕ	C	Equivalente		Real		Virtual		hf+hm
	Descripción	Cantidad	Por Pieza	Tramo	lps	mm	(H-W)	L (m)	ϕ (mm)	L (m)	Descripción	Cantidad	Por Pieza	Tramo
Succión-Bomba	Pichancha 5" ϕ	1	12.80											
	Válvula de retención 5" ϕ	1	6.60	26.34	17.67	128.194	130.00	26.34	128.194	5.00	128.194	31.34	128.194	0.512
	Codo 90° 5" ϕ	1	2.94											
	Reducción 5" ϕ	1	4.00											
Bomba-J	Ampliación 4" ϕ	1	3.00											
	Válvula de retención 4" ϕ	1	4.85	11.86	17.67	102.260	130.00	11.86	102.260	14.00	102.260	25.86	102.260	1.271
	Codo 90° 4" ϕ	1	2.21											
	T P/R 4" ϕ	2	0.90											
J-G	T P/R 3" ϕ	2	0.80	1.60	12.62	77.927	130.00	1.60	77.927	4.50	77.927	6.10	77.927	0.604
G-D	T P/R 2 1/2" ϕ	1	0.70	2.64	7.57	62.713	130.00	2.64	62.713	4.50	62.713	7.14	62.713	0.790
	Codo 90° 2 1/2" ϕ	1	1.94											
D-B	Codo 90° 2 1/2" ϕ	1	1.94	2.64	5.05	62.713	130.00	2.64	62.713	12.22	62.713	14.86	62.713	0.776
	T P/R 2 1/2" ϕ	1	0.70											
B-A	Codo 90° 2" ϕ	2	1.71	3.42	2.52	52.502	130.00	3.42	52.502	42.95	52.502	46.37	52.502	1.595
													Σ hf	5.549

Calculando la Carga Dinámica Total (CDT):

$$CDT = H_z + H_v + H_p + H_r + h_f + h_m$$

$$H_z = 21.00 \text{ m}$$

$$H_v = 1.5497 \text{ m}$$

$$H_p = 25.00 \text{ m}$$

$$H_r = 10.50 \text{ m}$$

$$h_f + h_m = 5.5490 \text{ m}$$

$$CDT = 21.00 + 1.5457 + 25.00 + 10.50 + 5.5490 = 63.5947 \text{ m}$$

$$CDT = 63.5947 \text{ m}$$

4.2.7 DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

Potencia del sistema de bombeo principal:

$$POT = \frac{(\gamma * Q * H)}{(76 * \eta)}$$

En donde:

POT: Potencia del sistema de bombeo,

γ : Densidad del agua,

Q : Gasto de diseño,

H : Carga Dinámica Total,

η : Eficiencia de la bomba

Calculando la potencia de la bomba, se propone una eficiencia de la bomba del 65 %:

$$POT = \frac{\left(1000 \frac{kg}{m^3} * 0.0100944 \frac{m^3}{s} * 63.5947 \text{ m}\right)}{(76 * 0.65)} = 12.9949 \text{ H.P.} = 13 \text{ H.P.}$$

$$POT = 13 \text{ H.P.}$$

4.2.7.1 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE MOTOR ELÉCTRICO

El primer punto para la elección de la bomba es el siguiente:

$$H1 = \text{Carga de diseño} = 63.5947 \text{ m}$$

$$Q1 = \text{Caudal de diseño} = 10.0944 \frac{l}{s}$$

$$Q1 = 10.0944 \frac{l}{s} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right) = 0.0100944 \frac{m^3}{s} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \right) = 36.3398 \frac{m^3}{h}$$

Pero para poder satisfacer los requerimientos normativos para la elección de un equipo de bombeo que sea útil en cualquier momento, se debe de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

De acuerdo a la Norma NFPA 20 las bombas deberán proporcionar no menos del 150 por ciento de capacidad nominal del gasto de diseño y a no menos de 65 por ciento de la carga dinámica total de diseño, es decir:

$$H2 \geq 65 \% H1$$

$$Q2 = 150 \% Q1$$

Por lo que se obtiene el segundo punto de la curva característica para la correcta elección del equipo de bombeo:

$$H2 = \text{Punto de carga} \geq 65 \% \text{ de } H1 = (0.65) * (63.5947 \text{ m}) = 41.3366 \text{ m}$$

$$Q2 = \text{Punto de caudal} = (1.5) * \left(10.0944 \frac{l}{s}\right) = 15.1416 \frac{l}{s}$$

$$Q2 = 15.1416 \frac{l}{s} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}}\right) = 0.0151416 \frac{\text{m}^3}{s} \left(\frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}}\right) \left(\frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}\right) = 54.5098 \frac{\text{m}^3}{h}$$

En la Figura 7 se muestra la curva característica de una bomba Armstrong de la serie 4302 y la gráfica de los puntos para su elección anteriormente determinados.

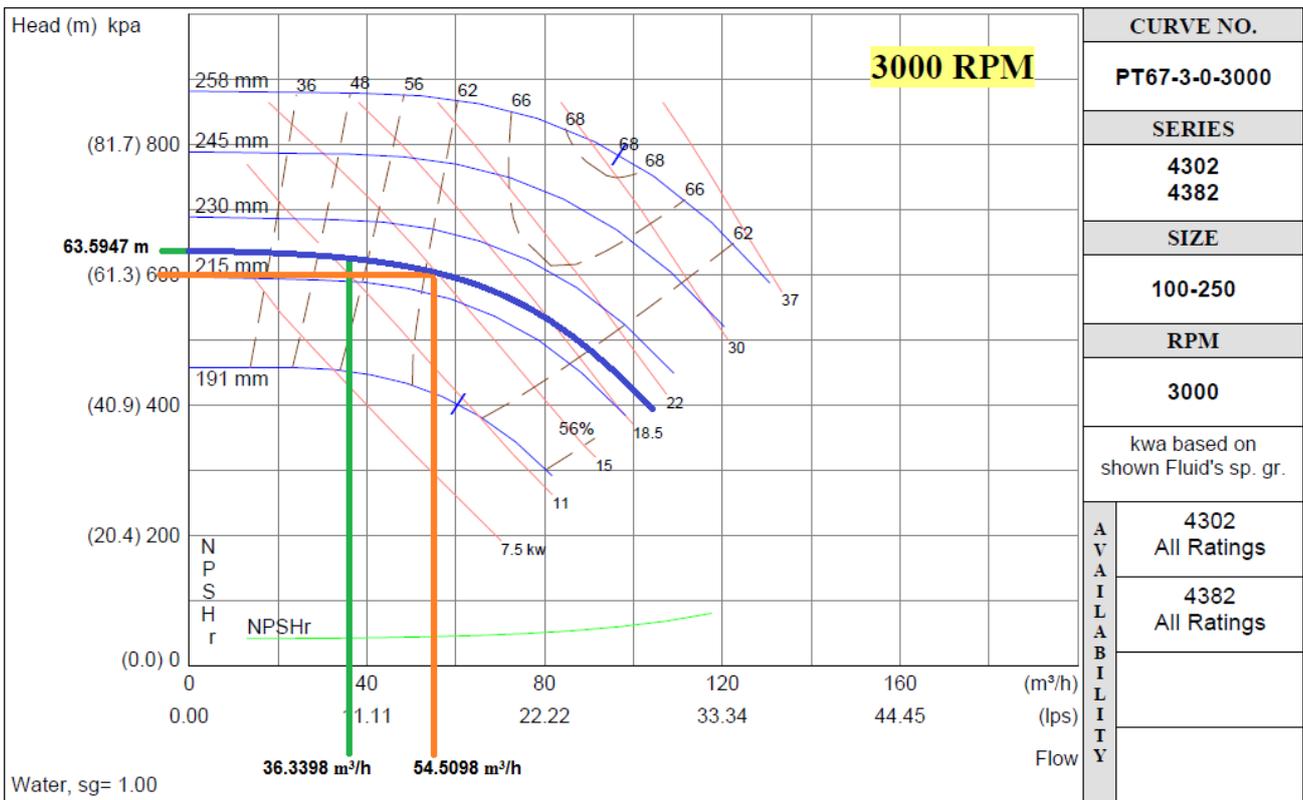


Figura 7. Curva característica número PT67-3-0-3000 de una bomba Armstrong de la serie 4302.
Fuente: <http://www.armstrongpumps.com/>

Como se observa en la figura 7, la carga dinámica total es de 61.3 m que es mayor al límite que marca la Norma NFPA 20 de 41.3366 m, por lo que se cumple.

Corrigiendo la potencia de la bomba:

$$POT = \frac{(\gamma * Q * H)}{(76 * \eta)}$$

$$POT = \frac{\left(1000 \frac{kg}{m^3} * 0.0151416 \frac{m^3}{s} * 61.3 \text{ m}\right)}{(76 * 0.625)} = 19.5406 \text{ H.P.} = 20 \text{ H.P.}$$

$$\mathbf{POT = 20 \text{ H.P.}}$$

Por lo tanto se selecciona la bomba de la curva anterior con las características que en ésta se marcan, las cuales son:

- Marca: Armstrong
- Modelo: 4302
- Caudal: $54.5098 \frac{m^3}{h}$
- Velocidad: 3000 RPM
- Potencia: 20 HP
- Eficiencia: 62.5%

4.2.7.2 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE MOTOR DIESEL

De acuerdo a la Norma NFPA 20, se tiene que deberá efectuarse una reducción del 3 por ciento de la potencia de la bomba para motores diesel por cada 1000 pies (304.8 m) de altitud sobre 300 pies (91.44 m). Además se deberá efectuarse una reducción del 1 por ciento de la potencia de la bomba corregida para motores diesel por cada 10°F (5.6°C) por encima de 77°F (25°C) de temperatura ambiente.

Se tendrá que corregir la potencia de la bomba debido a la altitud ya que la Ciudad de México se ubica en promedio a 2240 metros sobre el nivel del mar, lo que lleva a conocer el porcentaje total que pierde la bomba a esta altura.

Graficando la tendencia de reducción de la potencia de la bomba de motor diesel con respecto a la altura sobre el nivel del mar, se tiene la Figura 8:

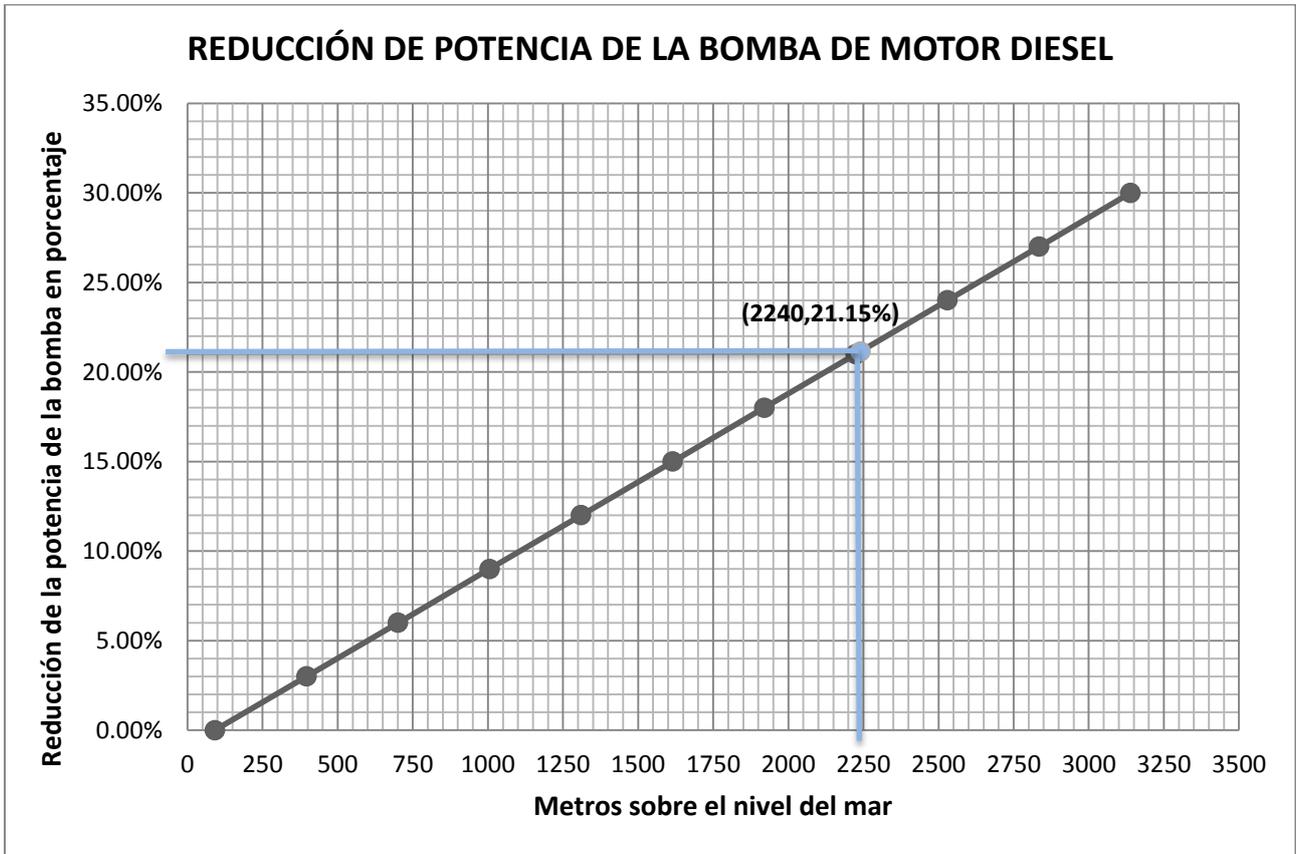


Figura 8. Reducción de la potencia de la bomba de motor diesel con respecto a la altura sobre el nivel del mar.

De acuerdo a la Figura 8, se observa que para la altura de la Ciudad de México se pierde el 21.15 % de la potencia de la bomba, por lo tanto se tendrá que seleccionar una bomba de motor diesel que presente el 21.15 % más que la bomba de motor eléctrico, por lo que se tiene:

$$\text{Potencia de la bomba de motor eléctrico} = 20 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia de la bomba de motor diesel} = (20 \text{ HP}) * (1.2115) = 24.23 \text{ HP} = 25 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia de la bomba de motor diesel} = \mathbf{25 \text{ HP}}$$

Por otra parte, las condiciones de temperatura en las que se encontrará la bomba no rebasará la temperatura ambiente de 25°C ya que el cuarto de máquinas será un lugar fresco y amplio, por lo que no se tendrá que corregir por temperatura.

De acuerdo con lo anterior se selecciona la bomba de combustión interna Marca Mejorada Modelo 2P36MDJ con una potencia de 32 HP, ya que es la que mejor se ajusta (ver curva característica en ANEXOS). Fuente: <http://www.sistemasdebombeo.com/>.

4.2.7.3 SELECCIÓN DE LA BOMBA JOCKEY

Para asegurar la correcta presión del sistema evitando que opere la bomba principal para reparar fugas considerablemente pequeñas, se selecciona una bomba jockey o bomba piloto.

De acuerdo a la NFPA 20 se tiene que las bombas de mantenimiento de presión deberán contar con capacidades nominales no menores a las de cualquier tasa normal de fugas.

Por lo que se considerará el 5 % del total del gasto de la bomba principal, es decir:

El gasto de la bomba principal es:

$$Q = 54.5098 \frac{m^3}{h}$$

$$Q = \left(54.5098 \frac{m^3}{h} \right) \left(\frac{1000 l}{1 m^3} \right) \left(\frac{1 h}{60 min} \right) \left(\frac{1 G}{3.7854118 l} \right) = 240 \frac{G}{min}$$

Calculando el 5 % del gasto de la bomba principal:

$$Q = \left(240 \frac{G}{min} \right) (0.05) = \mathbf{12 GPM}$$

De acuerdo con lo anterior se selecciona la bomba jockey de 15 GPM de la marca Armstrong, modelo L15B5 de 0.5 HP , siendo la que más se ajusta (ver curva característica en ANEXOS). Fuente: <http://www.armstrongpumps.com/>.

4.2.8 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CISTERNA

De acuerdo a la NOM-002-STPS-2010 para la red hidráulica contra incendios se debe prever un abastecimiento de agua de al menos dos horas, a un flujo de 946 l/min.

Por lo que se propondrá una cisterna con capacidad para satisfacer dos horas continuas de la red contra incendio.

Capacidad de la cisterna para el Sistema de Seguridad Contra Incendios:

$$Gasto\ total = 10.0944 \frac{l}{s}$$

$$Gasto\ total = \left(15.1416 \frac{l}{s} \right) \left(\frac{60 s}{1 min} \right) = 908.496 \frac{l}{min}$$

$$Duración = 120 min$$

$$Volumen\ de\ la\ cisterna\ contra\ incendio = \left(908.496 \frac{l}{min} \right) (120 min) = 109019.52 l = 109.01952 m^3$$

Calculando la capacidad total de la cisterna:

$$Capacidad\ de\ la\ cisterna\ para\ el\ suministro\ de\ agua\ potable = 25915.7952 l = 25.9157952 m^3$$

$$Capacidad\ de\ la\ cisterna\ para\ la\ red\ contra\ incendio = 109019.52 l = 109.01952 m^3$$

$$Capacidad\ total\ necesaria\ de\ la\ cisterna = 25.9157952 m^3 + 109.01952 m^3 = 134.9353152 m^3$$

Se proponen las siguientes medidas para la cisterna:

Largo = 7 m

Ancho = 7 m

Altura = 3.2 m

Considerando un “colchón de aire” de 0.40 m de altura, que sirve para alojar al flotador:

$$\text{Capacidad total real de la cisterna} = (7)(7)(2.8) = 137.2 \text{ m}^3$$

Con lo que se cumplen tanto el volumen para el suministro de agua como el volumen para la red contra incendios.

4.3 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.

El diseño de la instalación de aprovechamiento de gas L.P. se realizó en dos etapas, ya que al ser una red de dimensiones considerables, se diseñó la primera etapa en régimen de alta presión regulada que será a partir del regulador de alta presión ubicado a la salida del tanque estacionario y la segunda etapa se diseñó en régimen de baja presión regulada que iniciará antes de los aparatos de consumo con el regulador de baja presión.

Se colocarán medidores después de los reguladores de baja presión, para así conocer el consumo de gas L.P. de cada local y del restaurante.

La tubería será diseñada con cobre rígido tipo “L” ya que esta tubería da un servicio que no requiere mantenimiento, es confiable, tiene una larga duración, además de que sus propiedades le permiten tener resistencia a la corrosión, y menores pérdidas debidas a la fricción con respecto al acero.

4.3.1 CLASE DE INSTALACIÓN

Para el diseño de la instalación de aprovechamiento de gas L.P. primero se definió la clase de instalación de acuerdo a la NOM-004-SEDG-2004, Instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. diseño y construcción, dentro de su Capítulo 4 Clasificación, define las clases de instalaciones:

Las instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P. se clasifican, de acuerdo al aprovechamiento al que se destina el Gas L.P., en:

Clase A Aquella instalación o sección de una instalación destinada al aprovechamiento doméstico de Gas L.P.

Clase A1 Aquella sección de una instalación que alimenta a dos o más secciones Clase A que se encuentran ubicadas en el mismo inmueble o predio que el punto de abasto a las cuales se hace llegar Gas L.P., sin atravesar vías públicas de circulación vehicular.

Clase B Aquella instalación o sección de una instalación destinada al aprovechamiento comercial de Gas L.P.

Clase B1 Aquella sección de una instalación que alimenta a dos o más secciones Clase B que se encuentran ubicadas en el mismo inmueble o predio que el punto de abasto a las cuales se hace llegar Gas L.P., sin atravesar vías públicas de circulación vehicular.

Clase C Aquella instalación o sección de una instalación destinada al aprovechamiento en servicios del Gas L.P.

Clase D Aquella instalación o sección de una instalación destinada al aprovechamiento industrial del Gas L.P.

De acuerdo con lo anterior esta instalación se define como Clase B1 ya que alimenta a tres secciones Clase B, las cuales son las dos áreas de locales de comida rápida y el área del restaurante.

4.3.2 CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

El cálculo de la red de distribución de aprovechamiento de gas L.P. inicia con el cálculo de los caudales volumétricos demandados por cada aparato, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDEG-2004, Instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. Diseño y Construcción, nos dice que podemos asignarles consumos típicos de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 32. Consumos típicos en baja presión regulada.

APARATO	CONSUMO TÍPICO		
	Kcal/h	BTU/h	m ³ std(C ₃ H ₈)
Estufa doméstica			
Quemador (Q) [70]	1609.88	6388.43	0.0719
Comal o plancha (C) [70]	1609.88	6388.43	0.0719
Horno (H) [56]	4440.05	17619.29	0.1983
Asador (A)[56]	4440.05	17619.29	0.1983
Rosticero (R) [56]	4440.05	17619.29	0.1983
Estufa Restaurante			
Quemador [66]	2236.82	8876.28	0.0999
Plancha o Asador [56]	4440.05	17619.29	0.1983
Horno [50]	10062.33	39929.95	0.4494
Parrilla [70]	1609.88	6388.43	0.0719
Baño María /Quemador [74]	1038.92	4122.72	0.0464
Calefactor para (Radiador)			
120 m ² [64]	2662.24	10564.47	0.1189
120 m ² [56]	4440.05	17619.29	0.1983
120 m ² [52]	8280.04	32857.36	0.3698
Secadora de ropa (doméstica) [35]	8819.00	35000.00	0.3939
Incinerador doméstico [70]	1609.88	6388.43	0.0719
Máquina tortilladora [19]	56587.76	224554.90	2.5273
Calentador de agua tipo almacenamiento			
Hasta 100 lt [54]	6211.15	24647.46	0.2774
Hasta 280 lt [48]	11860.30	47064.75	0.5297
Calentador de agua de paso			
Sencillo [35]	24849.08	98607.62	1.1098
Doble [29]	37983.41	150728.02	1.6964
Triple [20]	53229.17	211227.14	2.3773

De acuerdo a la tabla anterior y al plano *DISEÑO DE INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.* se tiene lo siguiente:

En la red se tienen tres diferentes aparatos de consumo, la siguiente tabla muestra los distintos aparatos con su respectivo consumo:

Tabla 33. Consumos de los distintos aparatos de la red.

Aparato	Consumo típico en m ³ std/h (C ₃ H ₈)
Estufa Restaurante (Horno + Quemador)	0.5493
Salamandra (Asador)	0.1983
Calentador de agua de paso sencillo	1.1098

Calculando el consumo total en toda la red:

Tabla 34. Cálculo del consumo total de la red.

Aparato	Consumo típico en BTU/h	Consumo típico en m ³ std/h (C ₃ H ₈)	Cantidad de aparatos	Consumo total en BTU/h	Consumo total en m ³ std/h (C ₃ H ₈)
Estufa de Restaurante (Horno + Quemador)	48806.23	0.5493	18	878512.14	9.8874
Salamandra (Asador)	17619.29	0.1983	18	317147.22	3.5694
Calentador de agua de paso sencillo	98607.62	1.1098	3	295822.86	3.3294
TOTAL				1491482.22	16.7862

El cálculo de la red será en dos etapas, la primera en régimen de alta presión regulada y la segunda en régimen de baja presión regulada.

Para iniciar el cálculo seleccionaremos el regulador, conforme al catálogo de reguladores de la marca REGO (Fuente: <http://www.regoproducts.com/PDFs/L-102SV.pdf>).

Para determinar el regulador se seleccionará de la sección de reguladores de alta presión para industrias y comercios, de acuerdo a la capacidad requerida.

Del catálogo de REGO obtenemos las especificaciones del regulador de la serie 597F:

Tabla 35. Especificaciones técnicas del regulador de la serie 597F.

Número de parte	Método de Ajuste	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)	Rango Recomendado de Presión de Descarga (PSIG)*	Capacidad BTU/h Propano**
597FA	Mango de T	1/4" NPT	1/4" NPT	1-15	10	1,750,000
597FB				10-30	20	3,000,000
597FC				20-45	30	3,500,000
597FD				40-100	40	4,500,000

*Calibración se establece con una presión de entrada de 100 PSIG y un flujo de propano de 250,000 BTU/hora.

**Capacidades determinadas a la presión actual de descarga 20% menos que la presión de calibración con una presión de entrada 20 PSIG más alta que la presión.

Fuente: <http://www.regoproducts.com/PDFs/L-102SV.pdf>

De acuerdo a la tabla 35 y teniendo una carga total en la instalación de 1,491,482.22 BTU/h, se selecciona el regulador 597FC, ya que entrega una presión de descarga entre 20 y 45 PSIG (1.406139 y 3.163813 kgf/cm²), debido a que es en régimen de alta presión regulada la presión inicial que debe entregar es de 1.5 kgf/cm².

Para el cálculo de la primera etapa de la red, la cual es a régimen de alta presión regulada se llevará a cabo de acuerdo con lo descrito en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004, donde hace mención de lo siguiente:

Se permite utilizar cualquier fórmula, siempre que considere el carácter compresible del Gas L.P. y sea válida para las condiciones de diámetros, caudales y longitudes que se pretendan usar.

Por ejemplo:

$$Ha = Q^2 * Fa * L$$

En donde:

$$Ha = Pi^2 - Pf^2$$

$$Pi = \text{Presión inicial absoluta en } \frac{gf}{cm^2}$$

$$Pf = \text{Presión final absoluta en } \frac{gf}{cm^2}$$

$$Q = \text{Caudal volumen conducido en } m^3 \text{ estándar/h}$$

$$Fa = \text{Factor de cálculo de tubería en alta presión regulada}$$

$$L = \text{Longitud de cálculo de la tubería en metros}$$

Para la fórmula anterior aplican los siguientes factores, de acuerdo al diámetro y material utilizados:

Tabla 36. Factores de cálculo de tubería en alta presión regulada.

NOMINAL		FACTOR "Fa"	
mm	Pulg.	ACERO CEDULA 40	TUBO COBRE TIPO "L"
9.5	3/8	1121.504	2202.072
12.7	1/2	347.588	673.289
19.1	3/4	21.456	27.806
25.4	1	6.58	7.326
32	1 1/4	1.359	2.115
38.1	1 1/2	0.6328	0.8872
50.8	2	0.1526	0.1868
76.3	3	0.0181	0.0221
101.6	4	0.0043	0.005

De acuerdo con la fórmula anterior, y debido a que es en régimen de alta presión regulada la presión inicial es igual a 1.5 kgf / cm², por lo que tenemos:

$$Q = 16.7862 \frac{m^3 \text{std}}{h} (C_3H_8)$$

$$Pi = 1.5 \frac{kgf}{cm^2} = 1500 \frac{gf}{cm^2}$$

La presión atmosférica en la Ciudad de México es de $795 \frac{gf}{cm^2}$, por lo que tenemos:

$$P_{i_{absoluta}} = 1500 \frac{gf}{cm^2} + 795 \frac{gf}{cm^2} = 2295 \frac{gf}{cm^2}$$

Para el cálculo de la longitud total de la tubería la Tabla 37 contiene la longitud equivalente de cada tipo de accesorio que se pueden presentar en las tuberías de cobre rígido tipo "L":

Nominal (pulg.)	Codo 90°	Codo 45°	Tee 90°	Tee Paso Recto	Válvula Compuerta	Válvula Globo	Válvula Angular
3/8"	0.3	0.3	0.45	0.1	0.06	2.45	1.2
1/2"	0.6	0.4	0.9	0.2	0.12	4.4	2.45
3/4"	0.75	0.45	1.2	0.25	0.15	6.1	3.65
1"	0.9	0.55	1.5	0.27	0.2	7.6	4.6
1 1/4"	1.2	0.8	1.8	0.4	0.25	10.5	5.5
1 1/2"	1.5	0.9	2.15	0.45	0.3	13.5	6.7
2"	2.15	1.2	3.05	0.6	0.4	16.5	8.5
2 1/2"	2.45	1.5	3.65	0.75	0.5	19.5	10.5
3"	3.05	1.8	4.6	0.9	0.6	24.5	12.2
3 1/2"	3.65	2.15	5.5	1.1	0.7	30	15
4"	4.25	2.45	6.4	1.2	0.8	37.5	16.5
5"	5.2	3.05	7.6	1.5	1	42.5	21
6"	6.1	3.65	9.15	1.8	1.2	50	24.5

Tabla 37. Longitudes equivalentes (m) de las pérdidas localizadas de carga correspondientes a distintos elementos.

De acuerdo a la Tabla 37 y al plano *DISEÑO DE INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.* se obtiene la longitud de la trayectoria más desfavorable de la red de la primera etapa, es decir, antes del regulador de baja presión, considerando la longitud de la tubería recta y la longitud equivalente de los accesorios a lo largo de toda la red, para esto se propone que el diámetro de la tubería será de 3/4".

La trayectoria más desfavorable está determinada por la sección Z-Y (ver detalle en plano *DISEÑO DE INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.*) por lo que se tiene:

Tabla 38. Cálculo de la longitud total de la tubería.

Longitud tubería recta en m	Codo 90	Tee Paso Recto	Válvula de globo	Longitud Codo 90	Longitud Tee Paso Recto	Longitud Válvula de globo	Longitud equivalente Accesorios	Longitud total
104.19	6	9	1	4.50	2.25	6.10	12.85	117.04

Por lo que tenemos:

$$L = 117.04 \text{ m}$$

Se despeja la presión final de la fórmula que propone la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004, se tiene que:

$$Ha = Q^2 * Fa * L$$

$$Ha = Pi^2 - Pf^2$$

$$Pi^2 - Pf^2 = Q^2 * Fa * L$$

$$Pf^2 = Pi^2 - (Q^2 * Fa * L)$$

$$Pf = \sqrt{Pi^2 - (Q^2 * Fa * L)}$$

Calculando la presión final:

Diámetro propuesto = 3/4"

$$Pf = \sqrt{(1500 \text{ gf/cm}^2)^2 - (16.7862 \text{ m}^3 \text{ std/h})^2 * 27.806 * 117.04 \text{ m}}$$

$$Pf = 359.5486 \frac{\text{gf}}{\text{cm}^2} = 5.11398 \text{ PSIG}$$

Para el cálculo del diámetro de la tubería en régimen de baja presión regulada se dividirá en tres tipos de redes. El primer tipo de red será el que estará formado por los aparatos de consumo del restaurante, el segundo tipo de red estará formado por los aparatos que componen cada uno de los locales comerciales y el tercer tipo de red estará formado por el calentador de paso que se encuentra en cada nivel.

A continuación se muestran los tipos de red, primer tipo de red (ver plano *DISEÑO DE INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.*):



Figura 9. Distribución del primer tipo de red.

Segundo tipo de red, (ver plano *DISEÑO DE INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.*):

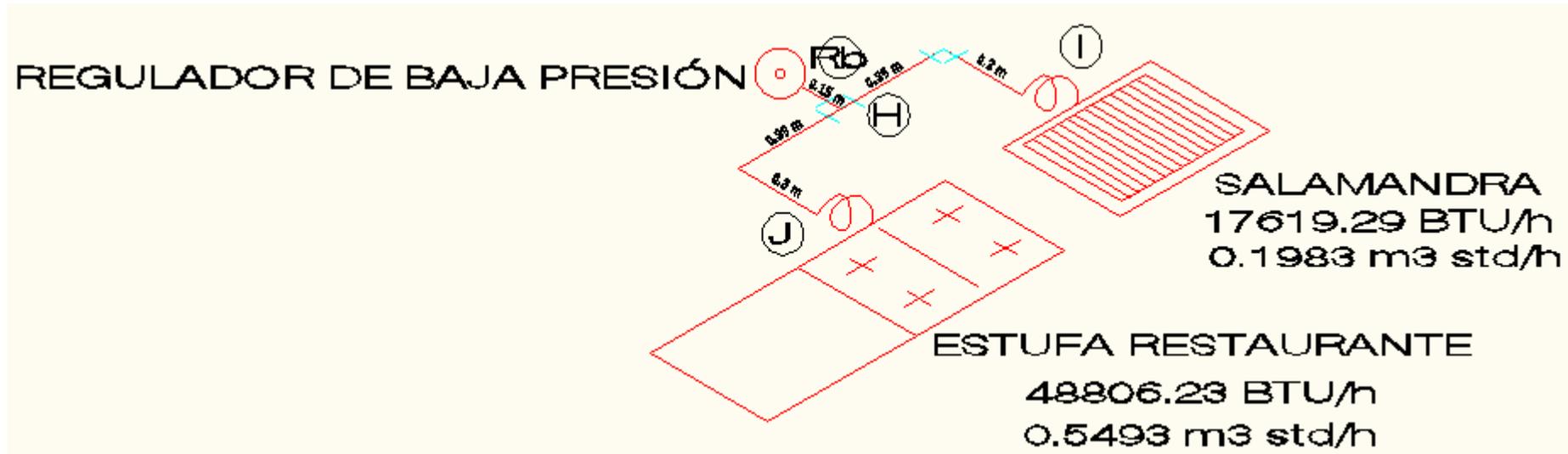


Figura 10. Distribución del segundo tipo de red.

Tercer tipo de red, (ver plano *DISEÑO DE INSTALACIÓN DE APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.*):

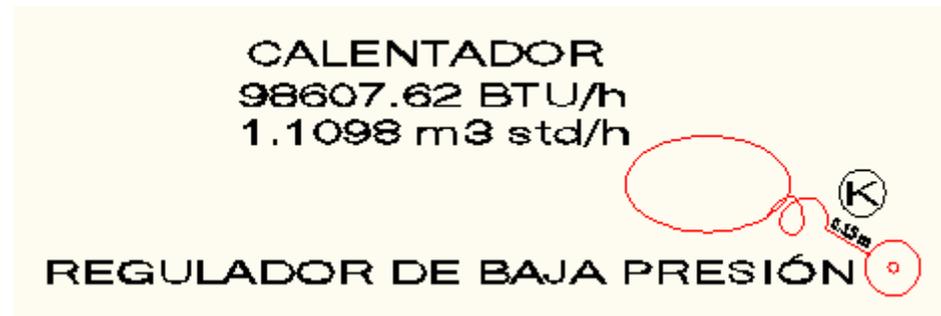


Figura 11. Distribución del tercer tipo de red.

Primero se procede a seleccionar el regulador de baja presión, que depende de la cantidad del caudal de los aparatos de consumo de cada tipo de red.

Calculando la cantidad de caudal por tipo de red:

Tabla 39. Cálculo del caudal por tipo de red de distribución de gas L.P.

Primer tipo de red (aparatos del restaurante)	Aparato	Consumo típico en BTU/h	Cantidad de aparatos	Consumo total por aparato en BTU/h
	Estufa Restaurante (Horno+Quemador)	48806.23	2	97612.46
	Salamandra (Asador)	17619.29	2	35238.58
Consumo total en BTU/h				132851.04
Primer tipo de red (aparatos de los locales comerciales)	Aparato	Consumo típico en BTU/h	Cantidad de aparatos	Consumo total por aparato en BTU/h
	Estufa Restaurante (Horno+Quemador)	48806.23	1	48806.23
	Salamandra (Asador)	17619.29	1	17619.29
Consumo total en BTU/h				66425.52
Tercer tipo de red (calentador de agua de paso)	Aparato	Consumo típico en BTU/h	Cantidad de aparatos	Consumo total por aparato en BTU/h
	Calentador de agua de paso (sencillo)	98607.62	1	98607.62
Consumo total en BTU/h				98607.62

De acuerdo a la Tabla 39 y a la carga total de la instalación, se selecciona el regulador de baja presión para cada tipo de red:

Se selecciona el mismo regulador para los tres tipos de red ya que cumple con el consumo total de estos, seleccionando así el regulador de la serie LV4403B, ya que están diseñados para reducir la presión de 5 a 20 PSIG, cumpliendo con la presión final que tenemos del regulador de alta presión que es de 5.11398 PSIG, a continuación se presentan sus especificaciones citadas en el catálogo REGO:

Tabla 40. Especificaciones técnicas del regulador de la serie LV4403B.

Número de parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Dimensión del Orificio	Presión de Descarga de Fábrica	Rango de Ajuste	Posición del Bonete de Venteo	Capacidad de Vapor de Propano BTU/h**
LV4403B4	1/2" NPT F.	1 1/2"	#28 Drill	11" C.A. a una Entrada de 10 PSIG	9" a 13" C.A.	Sobre Entrada	935000
LV4403B46							
LV4403B46R*	3/4" NPT F.	3/4" NPT F.	3/16"				1000000
LV4403B66							
LV4403B66R*							
LV4403B66RA***							
LV4403B66RAB****							

*Diseño para montar atrás **Flujo máximo basado en una entrada de 10 PSIG y 9" C.A. de presión de descarga ***Salida a 90° ****Salida a 90° con soporte de montaje incluido

Fuente: <http://www.regoproducts.com/PDFs/L-102SV.pdf>

La Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004, hace mención de lo siguiente:

Para el cálculo de la caída de presión en las tuberías de servicio en baja presión regulada, debe usarse la fórmula del Dr. Pole aplicando los factores Fb, de acuerdo al diámetro y material utilizados.

La expresión matemática de la fórmula del Dr. Pole a utilizar para el cálculo de la caída de presión porcentual es:

$$\%Hb = Q^2 \times Fb \times L$$

En donde:

%Hb = Caída de presión porcentual en baja presión regulada

Q = Caudal volumen conducido en m³ estándar/h (propano)

Fb = Factor de cálculo de tubería en baja presión regulada

L = Longitud de cálculo de la tubería en metros

En donde el Factor de cálculo de tubería de baja presión regulada se obtiene de la Tabla 41 citada en la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004:

Tabla 41. Factores de baja presión, para el cálculo de la caída de presión porcentual.

DIÁMETRO NOMINAL		"FACTOR Fb"			
mm	(pulg.)	TUBO DE ACERO CEDULA 40		TUBO DE COBRE TIPO "L" TUBO DE COBRE FLEXIBLE	
		Sin medidor	Con medidor	Sin medidor	Con medidor
		presión de servicio 2, 737 kPa (0,02791 ft/com2)	presión de servicio 2, 85 kPa (0,02791 ft/com2)	presión de servicio 2, 737 kPa (0,02791 ft/com2)	presión de servicio 2, 85 kPa (0,02791 ft/com2)
9.5	3/8	2.5502	2.4371	5.0074	4.7846
12.7	1/2	0.79039	0.75521	1.531	1.4629
19.1	3/4	0.04879	0.04662	0.06323	0.06041
25.4	1	0.01496	0.0143	0.01666	0.01592
32	1 1/4	0.00309	0.00295	0.00481	0.0046
38.1	1 1/2	0.00144	0.00138	0.00202	0.00193
50.8	2	0.00035	0.00033	0.00042	0.00041
76.3	3	0.000041	0.000039	0.00005	0.000048
101.6	4	0.00001	0.000009	0.000011	0.0000109

Además la norma menciona que cuando exista medidor volumétrico, la presión de servicio debe ser de 2,86 kPa (0,02916 kgf/cm²) y la máxima caída de presión porcentual permisible entre el regulador de baja presión y el aparato de consumo es del 9% de ésta. Los resultados se expresarán hasta el cuarto decimal, redondeando el último.

Calculando el diámetro de la tubería en régimen de baja presión regulada para el primer tipo de red:

Tabla 42. Cálculo del diámetro y la pérdida de presión porcentual.

Tramo	Cantidad de Estufas Restaurante (Horno+Quemador)	Cantidad de Salamandras (Asadores)	Caudal total por tramo en m3std/h (C3H8)	Longitud de tubería recta en m	Cantidad de Codos de 90°	Cantidad de Tes de Paso Recto	Longitud equivalente Codos 90°	Longitud equivalente Tes Paso Recto	Longitud total de Accesorios en m	Diámetro	Fb	Pérdida de presión Hb %
Rb-A	2	2	1.4952	0.15	0	1	0.00	0.10	0.1	3/8"	4.7846	2.6741
A-B	0	2	0.3966	0.4	0	1	0.00	0.10	0.1	3/8"	4.7846	0.3763
B-C	0	1	0.1983	0.3	0	0	0.00	0.00	0	3/8"	4.7846	0.0564
B-D	0	1	0.1983	0.92	1	0	0.30	0.00	0.3	3/8"	4.7846	0.2295
A-E	2	0	1.0986	0.4	0	1	0.00	0.10	0.1	3/8"	4.7846	2.8873
E-F	1	0	0.5493	0.3	0	0	0.00	0.00	0	3/8"	4.7846	0.4331
E-G	1	0	0.5493	1.9	1	0	0.30	0.00	0.3	3/8"	4.7846	3.1761

Calculando la pérdida total de presión por aparato en toda la red:

Tabla 43. Cálculo de la pérdida de presión total por aparato.

Tramo	Cantidad de Estufas Restaurante (Horno+Quemador)	Cantidad de Salamandras (Asadores)	Pérdida de presión Hb %
Rb-D	0	1	3.2800
Rb-C	0	1	3.1069
Rb-F	1	0	5.9946
Rb-G	1	0	8.7375

Por lo que cumple la máxima caída de presión porcentual permisible en todos los tramos.

Calculando el diámetro de la tubería en régimen de baja presión regulada para el segundo tipo de red:

Tabla 44. Cálculo del diámetro y la pérdida de presión porcentual.

Tramo	Cantidad de Estufas Restaurante (Horno+Quemador)	Cantidad de Salamandras (Asadores)	Caudal total por tramo en m ³ std/h (C3H8)	Longitud de tubería recta en m	Cantidad de Codos de 90°	Cantidad de Tes de Paso Recto	Longitud equivalente Codos 90°	Longitud equivalente Tes Paso Recto	Longitud total de Accesorios en m	Diámetro	Fb	Pérdida de presión Hb %
Rb-H	1	1	0.7476	0.15	0	1	0.00	0.10	0.1	3/8"	4.7846	0.6685
H-I	0	1	0.1983	0.69	1	0	0.30	0.00	0.3	3/8"	4.7846	0.1863
H-J	1	0	0.5493	0.69	0	0	0.00	0.00	0	3/8"	4.7846	0.9961

Calculando la pérdida total de presión por aparato en toda la red:

Tabla 45. Cálculo de la pérdida de presión total por aparato.

Tramo	Cantidad de Estufas Restaurante (Horno+Quemador)	Cantidad de Salamandras (Asadores)	Pérdida de presión Hb %
Rb-I	0	1	0.8548
Rb-J	1	0	1.6647

Por lo que cumple la máxima caída de presión porcentual permisible en todos los tramos.

Calculando el diámetro de la tubería en régimen de baja presión regulada para el tercer tipo de red:

Tabla 46. Cálculo del diámetro y la pérdida de presión porcentual.

Tramo	Cantidad de Calentadores de agua de paso (sencillos)	Caudal total por tramo en m ³ std/h (C3H8)	Longitud de tubería recta en m	Cantidad de Codos de 90°	Cantidad de Tes de Paso Recto	Longitud equivalente Codos 90°	Longitud equivalente Tes Paso Recto	Longitud total de Accesorios en m	Diámetro	Fb	Pérdida de presión Hb %
Rb-K	1	1.1098	0.15	0	0	0.00	0.00	0	3/8"	4.7846	0.8839

Calculando la pérdida total de presión por aparato en toda la red:

Tabla 47. Cálculo de la pérdida de presión total por aparato.

Tramo	Cantidad de Calentadores de agua de paso (sencillos)	Pérdida de presión Hb %
Rb-K	1	0.8839

Por lo que cumple la máxima caída de presión porcentual permisible en el tramo.

De acuerdo a los resultados anteriores obtenidos, dado que la pérdida total en cada uno de los tipos de redes no excede la máxima caída de presión porcentual permisible entre el regulador de baja presión y el aparato de consumo siendo ésta del 9% quedan diseñadas las tuberías.

Para los tres tipos de red de baja presión todos los tramos serán de 3/8".

La tubería de llenado de igual forma será de cobre rígido tipo "L" que a su vez será de 3/4" debido a que los autotanques que suministran el gas L.P. manejan estas dimensiones, además de que presentan bombas con gran capacidad para el correcto suministro del gas L.P.

4.3.3 SELECCIÓN DE LOS MEDIDORES

Los medidores serán colocados después del regulador de baja presión y su selección se hará de acuerdo a cada tipo de red, ya que tienen diferentes consumos de gas L.P.

Primer tipo de red:

$$\text{Consumo total} = 0.1983 + 0.1983 + 0.5493 + 0.5493 = 1.4952 \text{ m}^3\text{std/h (C}_3\text{H}_8\text{)}$$

Segundo tipo de red:

$$\text{Consumo total} = 0.1983 + 0.5493 = 0.7476 \text{ m}^3\text{std/h (C}_3\text{H}_8\text{)}$$

Tercer tipo de red:

$$\text{Consumo total} = 1.1098 \text{ m}^3\text{std/h (C}_3\text{H}_8\text{)}$$

De acuerdo al consumo total y al catálogo de CDG Comercializadora (fuente: <http://cdgcomercializadora.com/8-medidores-domesticos>):

Se selecciona el medidor tipo diafragma para uso doméstico de 2.5 m³/hr en baja presión para presión máxima de trabajo de 100 gr/cm², con conexión de 13 mm (1/2") soldar y/o roscada, de la marca KUMHO modelo KG-2.

Siendo el de menor capacidad disponible y que será funcional para los tres tipos de red.

4.3.4 SELECCIÓN DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Para la selección del tanque de almacenamiento se consultaron las especificaciones de tanques estacionarios de la marca Armebe de acuerdo al consumo total requerido en toda la red.

El consumo total requerido en toda la red es de 16.7862 m³std/h (C₃H₈).

A continuación se muestran las especificaciones de tanques estacionarios de la marca Armebe:

Tabla 48. Especificaciones de tanques estacionarios de la marca Armebe.

MEDIDAS EXTERNAS (mm)										
MODELO	CAPACIDAD REAL (Litros)	A	B	C	D	E	F	G	TARA kg	VAPORIZACIÓN m ³ std/h (C ₃ H ₈)
100	100	381	406	495	864	584	726	284	40	1.109
120	120	381	508	354	700	679	768	330	45	1.168
180	180	381	610	354	722	823	843	395	64	1.391

MODELO	CAPACIDAD REAL (Litros)	A	B	C	D	E	F	G	TARA kg	VAPORIZACIÓN m3std/h (C3H8)
200	200	381	508	585	1090	679	768	330	68	1.750
300	300	381	610	585	1155	823	843	395	85	2.225
500	520	470	610	1290	1957	823	843	400	146	3.773
1000	1000	470	762	1387	2373	1006	1026	457	298	5.716
1750	1770	800	1029	1257	2370	1229	1265	584	497	7.871
2200	2250	800	1029	1618	2979	1229	1265	584	555	9.688
2800	2750	800	1029	2177	3580	1229	1265	584	650	11.637
3400	3450	800	1168	2820	3556	1385	1405	584	857	13.133
5000	5000	800	1168	3531	5029	1385	1405	584	1211	18.573

Fuente: <http://armebe.mx/productos-estacionarios>

De acuerdo a la Tabla 48 se selecciona el tanque estacionario modelo 5000 de una capacidad de 5000 Litros.

Análisis de instalación para aprovechamiento de gas natural:

Considerando una posible conexión a gas natural en un futuro cabe mencionar que debido a que la instalación de aprovechamiento de gas L.P. está diseñada en régimen de alta presión no habrá ningún inconveniente en que se realice el cambio a gas natural en el momento que se requiera en el futuro.

CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Este proyecto me dejó un gran aprendizaje en lo que respecta a cómo aplicar los criterios de diseño de una instalación, que consiste en evaluar el tipo de material y equipo a considerar, tomando en cuenta su costo, mantenimiento, maniobrabilidad y duración, además de que me permitió reafirmar y aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la Especialización.
- Para cada edificación que se presente habrá un diseño diferente, con múltiples soluciones que se tendrán que evaluar para seleccionar la que más convenga, respetando el marco legal correspondiente, y en su caso apoyándose con normas internacionales que favorezcan una mayor seguridad.
- Las dificultades que se pueden presentar en un caso real serían no tener claro, los criterios de diseño, y no tomar decisiones acertadas para la distribución y localización de las instalaciones, las trayectorias más factibles y la accesibilidad a las instalaciones para su mantenimiento, generando problemas futuros al propietario o usuario del inmueble.
- Debido a que no siempre se cumplen los planos arquitectónicos y estructurales al pie de la letra, por modificaciones que se hacen en la fase de construcción, se pueden presentar dificultades constructivas de las instalaciones que llegan a afectar el diseño de las mismas, como optar por una trayectoria de la tubería más extensa y con más accesorios de los que se consideró originalmente. En este caso se recomienda que se realicen las modificaciones pertinentes siempre y cuando no alteren el diseño, ni la seguridad y respetando los criterios y las normas aplicables del mismo.
- Esta tesina me permitió aplicar los conocimientos teóricos que obtuve a lo largo de la especialización y en su elaboración logré integrar de manera completa la formación que obtuve a lo largo de mis estudios profesionales y de posgrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Reglamento de construcciones para el distrito federal.
- Norma técnica complementaria para el proyecto arquitectónico.
- NOM-002-STPS-2010, condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
- NFPA 10: norma para extintores portátiles contra incendios.
- NFPA 14: norma para la instalación de tubería vertical y de mangueras.
- NFPA 20: norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendios.
- NOM-004-SEDG-2004, instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. Diseño y construcción.
- Norma oficial mexicana nom-002-secre-2003, instalaciones de aprovechamiento de gas natural.
- Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 1: Condiciones necesarias de la instalación para el suministro de agua, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2: Instalación para el suministro de agua fría, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 3: Ingeniería del manejo y disposición de aguas residuales y pluviales de edificios, Enrique César Valdez, UNAM, Facultad de Ingeniería.
- Apuntes de la clase Instalaciones de suministro y evacuación de agua para edificios que imparte el Ingeniero Enrique Barranco Vite.

Recursos digitales que fueron consultados en el mes de Noviembre del 2012:

- <http://maps.google.com.mx/>
- <http://www.calorex.com.mx>
- <http://www.pedrollo.co.uk/>
- <http://pumps.org/>
- <http://www.regoproducts.com/PDFs/L-102SV.pdf>
- <http://www.regoproducts.com/PDFs/L-102SV.pdf>
- <http://armebe.mx/productos-estacionarios>
- <http://maps.google.com.mx/>
- <http://www.armstrongpumps.com/>
- <http://cdgcomercializadora.com/8-medidores-domesticos>

ANEXOS

Planos: Arquitectónico, Detalles, Diseño de agua fría, Detalle plata tipo 1 agua fría, Detalle plata tipo 2 agua fría, Diseño de agua caliente, Detalle plata tipo 1 agua caliente, Detalle plata tipo 2 agua caliente, Diseño de instalación de aprovechamiento de gas L.P., Detalle plata tipo 1 instalación de aprovechamiento de gas L.P., Detalle plata tipo 2 instalación de aprovechamiento de gas L.P. Diseño de evacuación y ventilación de agua residual y Diseño de sistema de seguridad contra incendio.

Curva de rendimiento de la bomba de combustión interna de la marca Mejorada, modelo 2P360MDJ.

Especificaciones técnicas de las bombas jockey de la marca Armstrong.

Especificaciones técnicas del medidor de gas L.P. marca Kumho modelo KG-2.

Disco compacto que contiene los planos en formato dwg y los cálculos en formato de hoja de cálculo de Excel.