
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

**INSTALACIONES HIDRÁULICAS, SANITARIAS Y
DE APROVECHAMIENTO PARA GAS EN
GIMNASIO**

T E S I N A
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA
Grande Navarrete José Ernesto

TUTOR
Dr. Raúl Pineda Olmedo

2021



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Cuando era pequeño como la mayoría de los niños, no tenía noción de lo que te genera felicidad, simplemente lo era, ahora comprendo que proviene de mi familia, siempre allí, no encuentro las palabras que expresen lo infinitamente agradecido que estoy con ustedes.

A mi madre Lurdes Navarrete que me has mostrado el amor incondicional en su estado más puro.

A mi padre José Grande que me has inculcado el esfuerzo como el camino al éxito.

A mi hermana Diana Grande, gracias por todo el apoyo brindado y los momentos de complicidad.

A mi hermano Eduardo Grande, gracias por la estrecha infancia que compartimos.

Le dedico este escrito a mi tío Marcelino Navarrete, sé que son momentos difíciles en tu vida, pero sabes que cuentas con nuestro amor y apoyo incondicional.

A todas las personas que han formado parte de mi vida, y que han moldeado a quien hoy soy, gracias por las charlas, las risas, las anécdotas.

*La modernidad en la ingeniería es saber más sobre la naturaleza,
el ingeniero moderno tiene que saber más del
pasado, presente y futuro de la naturaleza.*

Dr. Leonardo Zeevaert Wiechers, 1914 – 2010

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| INTRODUCCIÓN..... | III |
| OBJETIVO..... | III |
| OBJETIVOS ESPECIFICOS..... | IV |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | V |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | VII |
| CAPÍTULO 1: INSTALACIONES EN EDIFICACIONES..... | 1 |
| EDIFICACIONES..... | 1 |
| INSTALACIONES EN EDIFICACIONES..... | 2 |
| INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE AGUA..... | 4 |
| INSTALACIONES PARA EVACUACIÓN DE AGUA..... | 7 |
| INSTALACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DE GAS L.P..... | 9 |
| CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE SUMINISTRO..... | 14 |
| DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 14 |
| CRITERIOS DE DISEÑO..... | 17 |
| CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO..... | 20 |
| UNIDADES..... | 21 |
| METODOLOGÍA..... | 21 |
| CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE EVACUACIÓN RESIDUAL Y PLUVIAL..... | 43 |
| CRITERIOS DE DISEÑO SISTEMA DE EVACUACIÓN RESIDUAL..... | 43 |
| CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO..... | 44 |
| UNIDADES..... | 44 |
| METODOLOGÍA..... | 45 |
| CRITERIOS DE DISEÑO SISTEMA DE EVACUACIÓN PLUVIAL..... | 50 |
| CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO..... | 50 |
| UNIDADES..... | 51 |
| METODOLOGÍA..... | 51 |
| CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE GAS L.P..... | 60 |
| CRITERIOS DE DISEÑO..... | 60 |
| CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO..... | 63 |
| UNIDADES..... | 64 |
| METODOLOGÍA..... | 64 |
| CAPÍTULO 5: IMPORTANCIA DE LAS INSTALACIONES PARA UN INGENIERO CIVIL..... | 75 |

BIBLIOGRAFÍA..... 78

INTRODUCCIÓN.

En la FES Acatlán se ha dado un enfoque principalmente hacia la formación de ingenieros con amplios conocimientos en las áreas de geotecnia, estructuras e hidráulica urbana, aunque se ha dado un cambio con la actualización del plan de estudios, introduciendo una nueva materia en la sección de obligatorias, que es instalaciones II, se sigue teniendo un rezago en las materias optativas, donde no hay una oferta sólida para especializarse en el área de instalaciones, donde el papel del ingeniero civil tiene una gran influencia, pues el diseño de estos elementos, tan vitales como la estructura, deben ser desarrolladas por especialistas capacitados.

El mercado actual demanda profesionistas con conocimientos en instalaciones hidrosanitarias, HVAC, sistemas de seguridad contra incendios, eléctricos, y en todos estos el ingeniero civil puede intervenir, en mayor o menor medida, esa es la razón de este escrito, donde se desarrollan las metodologías para dimensionar algunas de las instalaciones en una edificación deportiva.

OBJETIVO.

El objetivo de éste documento, es describir y explicar los procedimientos de cálculo para dimensionar una instalación de suministro de agua, lo que implica, agua fría, agua caliente, y la obra de almacenamiento, apegado a normatividad. También conocer y desarrollar los procedimientos de cálculo para dimensionar una instalación para evacuación de aguas residuales, tanto residual como pluvial. Y finalmente, conocer y desarrollar los procedimientos de cálculo, para dimensionar una instalación para aprovechamiento de gas L.P., apegado a normatividad.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

→ Capítulo 1: Instalaciones en una edificación.

En este capítulo, se presenta la explicación de algunas de las distintas instalaciones que componen a una edificación, mostrando sus características e importancia dentro de la misma.

→ Capítulo 2: Instalación para el suministro de agua.

Para este apartado se realizará el diseño de la instalación de suministro de agua (fría y caliente), así como el dimensionamiento de la obra de almacenamiento, se indicará la reglamentación considerada, y las bases de diseño.

→ Capítulo 3: Instalación de evacuación de aguas residuales.

Para este apartado se realizará el diseño de la instalación para evacuación de aguas residuales, tanto para aguas servidas, como agua pluvial, se indicará la reglamentación considerada, y las bases de diseño.

→ Capítulo 4: instalación de gas L.P.

Para este apartado se realizará el diseño de la instalación para aprovechamiento de gas L.P., se indicará la reglamentación considerada, y las bases de diseño.

→ Capítulo 5: Importancia de las instalaciones para un ingeniero civil.

Se pondrá en perspectiva la importancia de esta clase de instalaciones en los estudios de ingeniería civil.

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Principales componentes de un edificio..... | 2 |
| Figura 2. Toma domiciliaria. (<i>MAPAS, Diseño redes de distribución de agua potable, CONAGUA, Pág. 65</i>). | 4 |
| Figura 3. Distribución directa*. | 5 |
| Figura 4. Distribución por gravedad*. | 5 |
| Figura 5. Materiales para tubería empleada en suministro. | 6 |
| Figura 6. Dispositivos de control y protección. | 6 |
| Figura 7. Fluxómetros existentes. | 6 |
| Figura 8. Muebles sanitarios comunes en una edificación. | 7 |
| Figura 9. Sistemas de evacuación residual y pluvial, en una edificación..... | 9 |
| Figura 10. Principales combustibles empleados en hogares en México. | 11 |
| Figura 11. Tanques portátiles y estacionarios. | 11 |
| Figura 12. Sitio de proyecto. (<i>Tomada de google Maps®</i>). | 14 |
| Figura 13. Georreferencia sitio de proyecto. (Google Earth ®)..... | 14 |
| Figura 14. Plano del inmueble con norte geográfico. (Elaborado en AutoCAD®)..... | 15 |
| Figura 15. Áreas de colocación de las instalaciones hidrosanitarias y de gas..... | 16 |
| Figura 16. Gráfica asistencia proyectada al inmueble. | 19 |
| Figura 17. Isométrico suministro agua fría. | 23 |
| Figura 18. Esquema en planta de la red de agua fría. | 24 |
| Figura 19. Diámetros en la red de agua fría. | 26 |
| Figura 20. Mueble más desfavorable. | 27 |
| Figura 21. Esquema general en línea de descarga y succión ($L=4.14\text{m}$ y $D = 3''$). | 32 |
| Figura 22. Curva del sistema. | 33 |
| Figura 23. Bomba multietapas inoxidable SSHX60..... | 34 |
| Figura 24. Curvas características y NPSH bomba horizontal SSHX60, marca EVANS..... | 35 |
| Figura 25. Curva del sistema contra curva del equipo. | 36 |
| Figura 26. NPSH requerido, bombas Evans modelosSSXH60ME300..... | 36 |
| Figura 27. Líneas de agua caliente y de retorno de agua caliente. | 39 |
| Figura 28. Seccionamiento en líneas de agua caliente y de retorno de agua caliente..... | 39 |
| Figura 29. Circuitos de análisis en líneas de agua caliente y retorno de agua caliente. | 40 |
| Figura 30. Trazo de la red de evacuación residual..... | 45 |
| Figura 31. Disposición y Áreas para las B.C.A.P..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Figura 32. Georreferencia estación climatológica CONAGUA. <i>Google Maps</i> ® | 52 |
| Figura 33. Diámetros de los elementos hidráulicos para las B.C.A.P. | 59 |
| Figura 34. Diagrama general red gas L.P. | 61 |
| Figura 35. Gráfica asistencia proyectada al inmueble..... | 63 |
| Figura 36. Seccionamiento red de aprovechamiento de gas L.P..... | 66 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Instalaciones comunes en edificaciones. | 3 |
| Tabla 2. Tipos de tubería de cobre. | 12 |
| Tabla 3. Dotaciones sugeridas NTC. | 18 |
| Tabla 4. Sistema de unidades (instalación de suministro). | 21 |
| Tabla 5. Dimensiones de la cisterna. | 22 |
| Tabla 6. Demanda de flujo para suministro de agua. | 24 |
| Tabla 7. Gasto máximo instantáneo y diámetros en tramos de tubería (1 de 2). | 25 |
| Tabla 8. Gasto máximo instantáneo y diámetros en tramos de tubería (2 de 2). | 26 |
| Tabla 9. Carga mínima de trabajo en muebles sanitarios (P_2/Y). | 27 |
| Tabla 10. Carga requerida en red de suministro. | 29 |
| Tabla 11. Capacidades comerciales en tanques presurizados. | 30 |
| Tabla 12. Características tanque presurizado SFB-2000LV. | 31 |
| Tabla 13. Especificaciones bomba horizontal SSHX60 marca EVANS. | 35 |
| Tabla 14. NPSHdisponible. | 37 |
| Tabla 15. Gasto máximo instantáneo y diámetros en línea de agua caliente. | 40 |
| Tabla 16. Propuesta de diámetros para línea RAC. | 41 |
| Tabla 17. Primera iteración y obtención de diámetros para línea RAC. | 42 |
| Tabla 18. Sistema de unidades (evacuación residual). | 44 |
| Tabla 19. Valorización de unidades mueble de descarga (uso público). | 46 |
| Tabla 20. Muebles sanitarios dispuestos en el diseño. | 46 |
| Tabla 21. Unidades muebles para dimensionamiento de ramales de albañales. | 47 |
| Tabla 22. Longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación. | 48 |
| Tabla 23. Diámetros para drenaje y ventilación. | 49 |
| Tabla 24. Sistema de unidades (evacuación pluvial). | 51 |
| Tabla 25. Histórico de precipitaciones mensuales, estación OBS 7165, Tuxtla Gutiérrez (1 de 2). .. | 53 |
| Tabla 26. Histórico de precipitaciones mensuales, estación OBS 7165, Tuxtla Gutiérrez (2 de 2). . | 54 |
| Tabla 27. Análisis de intensidad, duración y tiempo de retorno. | 56 |
| Tabla 28. Diámetros de columnas para B.A.P. | 56 |
| Tabla 29. Diámetros en derivaciones de aguas pluviales. | 57 |
| Tabla 30. Diámetros para B.C.A.P. | 58 |
| Tabla 31. Diámetros colectores pluviales. | 58 |
| Tabla 32. Sistema de unidades (red de gas L.P.). | 64 |

| | |
|--|----|
| Tabla 33. Muebles sanitarios con demanda de agua caliente. | 65 |
| Tabla 34. Caída de presión en línea de alta presión. | 68 |
| Tabla 35. Factores de cálculo para tuberías de Acero C-40 y cobre, en baja presión regulada. ... | 69 |
| Tabla 36. Pérdidas de carga en longitudes (m), para piezas especiales. | 69 |
| Tabla 37. Caídas de presión en línea de baja presión. | 70 |
| Tabla 38. Requerimientos de los reguladores. | 71 |
| Tabla 39. Propiedades de reguladores seleccionados. | 71 |
| Tabla 40. Factor K_p | 72 |
| Tabla 41. Factor K_t | 72 |
| Tabla 42. Factor K_p Medidas tanques estacionarios marca TATSA. | 73 |
| Tabla 43. Capacidad de vaporización tanques marca TATSA. | 73 |

CAPÍTULO 1: INSTALACIONES EN EDIFICACIONES.

EDIFICACIONES.

Las edificaciones han sido un recurso de protección buscado por el hombre, antes incluso de su concepción de comunidad. Algunas de las más primitivas edificaciones, consistían de una planta circular, muros excavados en tierra recubiertos con piedras y cubierta de material vegetal. Su evolución, llevo a realizarlas en la superficie, con muros a base de tierra y piedras. Ésta constante evolución de las edificaciones, va de la mano de los estilos arquitectónicos predominantes en civilizaciones, incluso épocas. De las más destacadas, se tiene a los egipcios, con sus templos y pirámides sepulcrales; otra igual de importante la Mesopotámica con sus grandes templos o zigurats, figuran también, las construcciones griegas y romanas, con los monumentos de la Acrópolis y el circo romano, respectivamente. Para la Edad Media, destacan las iglesias góticas, y ya para el renacimiento las edificaciones de uso habitacional, comienzan a tener mejoras importantes, sin el antiguo aspecto de miseria. Pero el punto de inflexión, fue la revolución industrial, donde se desarrolla lo que se ha llamado la arquitectura del hierro y el vidrio, es a partir de aquí, que se logra el gran impulso para la construcción de las modernas edificaciones que detonan en los grandes rascacielos que dominan el paisaje de las actuales urbes.

“Se puede definir a un edificio como aquella construcción cuyo fin es satisfacer distintas necesidades humanas como la vivienda, recreación, intercambio comercial, etc. Se pueden identificar seis principales componentes en un edificio, que son: 1) los cimientos, 2) la superestructura, 3) la envoltura exterior, 4) las divisiones interiores, 5) las instalaciones y 6) los muebles” . Adaptado de *Alfaomega grupo editor, 2012. Ingeniería ambiental: fundamentos sustentabilidad diseño. México. (Figura 1).*

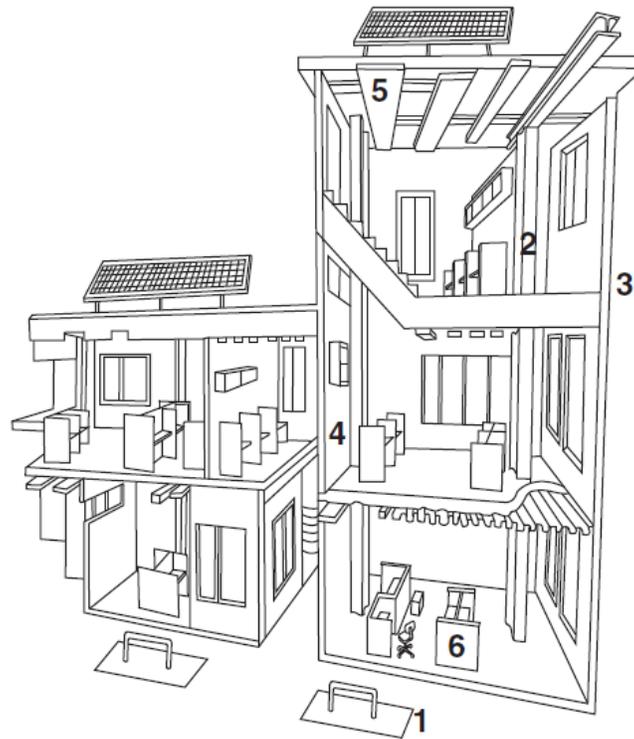


Figura 1. Principales componentes de un edificio.

INSTALACIONES EN EDIFICACIONES.

La sofisticación en las edificaciones, ha ido de la mano en todos sus componentes, uno muy importante, son las instalaciones, las cuales podemos definir, como aquellos elementos que proporcionan a los usuarios salud, seguridad y confort. Todas las edificaciones tienen instalaciones, desde viviendas, fábricas, hospitales, museos, oficinas, escuelas, y en algunas ocasiones las instalaciones son específicas para cierto tipo de edificación, lo que las convierte en instalaciones especiales.

Las instalaciones se conforman de aquellos dispositivos que permiten suministrar, evacuar, controlar y operar, todas las funciones y procesos necesarios para el funcionamiento en una edificación, en la actualidad existen una gran variedad de instalaciones que conforman a las edificaciones, ya sean de tipo, habitacional, comercial o industrial.

Tabla 1. Instalaciones comunes en edificaciones.

| Clasificación | Tipos de instalaciones |
|---|--|
| Instalaciones hidrosanitarias | Suministro de agua (caliente y fría) Sistema de captación agua pluvial Sistema de riego Sistema de protección contra incendios Evacuación de agua residual Evacuación de agua pluvial |
| Instalaciones para aprovechamiento de gas | Gas Natural Gas L.P. |
| Instalaciones HVAC | Suministro y extracción de aire Humidificación y deshumidificación Sistema hidrónico. |
| Instalación eléctrica (baja tensión) | Alumbrado Equipos especiales Contactos |
| Instalaciones especiales | Voz y datos Detección de humos |

Como se observa en la tabla 1, existe una gran diversidad de instalaciones, y es debido, a la evolución de las instalaciones en las edificaciones, tomamando en cuenta que hace ochenta años, las instalaciones se limitaban a aparatos sueltos, fosas sépticas, escasos cables y tubos, y algunos conductos que servían de salida a humos en chimeneas.

Hoy en día es común encontrar en una edificación, 10 puntos de agua, 15 equipos de climatización, más de 200 tomas de energía eléctrica, así como varias tomas de voz y datos, por lo que se requiere del trabajo conjunto de distintos especialistas, para lograr sistemas funcionales.

El alcance de este escrito abordará las instalaciones de suministro de agua (fría, caliente (con su retorno)), evacuación de aguas residuales, evacuación de aguas pluviales y para el aprovechamiento de gas L.P.

INSTALACIONES PARA SUMINISTRO DE AGUA.

El agua es uno de los principales elementos naturales, para la sustentabilidad y reproducción de la vida en la Tierra, favorece el desarrollo biológico natural, contribuye a la estabilidad y funcionamiento de ecosistemas, seres vivos y organismos. Los seres humanos, utilizan el agua para generar y mantener el crecimiento económico, lo que lleva a la prosperidad, a través de la agricultura, generación de energía, industria, transporte y turismo. Su importancia se remarca, en épocas de escasez, por lo que es importante cuantificarla, racionarla y hacer un uso eficiente del recurso. México ha mantenido un incremento de su población, lo que deriva en mayor demanda de agua para consumo, por el contrario, hay pocas zonas donde el recurso sea abundante, lo que ha llevado a la sobreexplotación del recurso hídrico, he aquí, la importancia de concientizar sobre su uso.

Para suministrar agua a las edificaciones, se requieren de un conjunto de sistemas, como lo son, el suministro, almacenamiento, purificación y distribución. En conjunto, estos sistemas deben garantizar el suministro en calidad, cantidad y presión, por lo que se requiere de especialistas hidráulicos, civiles, sanitarios, mecánicos o arquitectos relacionados en este campo para el diseño de dichos sistemas.

Los principales componentes de una instalación de suministro, son los siguientes:

- Toma o acometida domiciliaria urbana: Es la conexión domiciliaria, comprende de la red de servicio público al medidor. Brinda agua de la red de distribución a la instalación hidráulica intradomiciliaria. Los diámetros usuales en la toma domiciliaria son de 13 a 19 mm ($\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " , respectivamente). Los materiales más comunes son, cobre y PEAD.

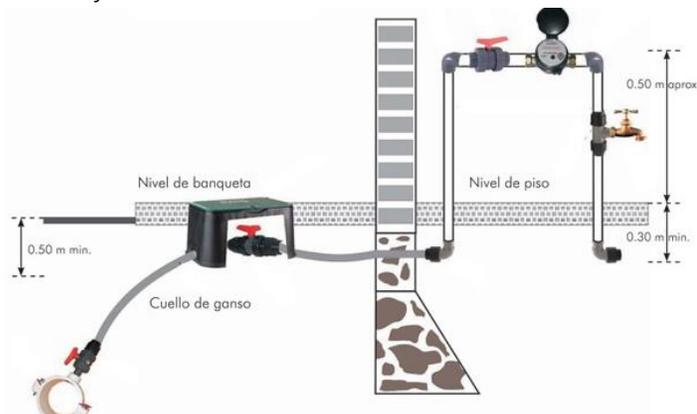


Figura 2. Toma domiciliaria. (MAPAS, *Diseño redes de distribución de agua potable*, CONAGUA, Pág. 65).

- Redes de distribución: las redes de distribución es el conjunto de elementos que permiten conducir el agua por medio de líneas principales y secundarias, para abastecer los muebles de una edificación. El trazo de sus líneas, se debe realizar buscando la ruta más directa y con el menor número posible de accesorios, entre la fuente y los aparatos. Los elementos que componen una red de distribución son, los distribuidores, columnas, derivaciones y ramales. Cuando la presión de la red es insuficiente, para edificios de gran altura, la distribución puede ser directa, elevando el agua mediante, bombas, hidroneumáticos o equipos de presión constante. Otra opción, es colocar tanques elevados, y abastecer mediante gravedad.

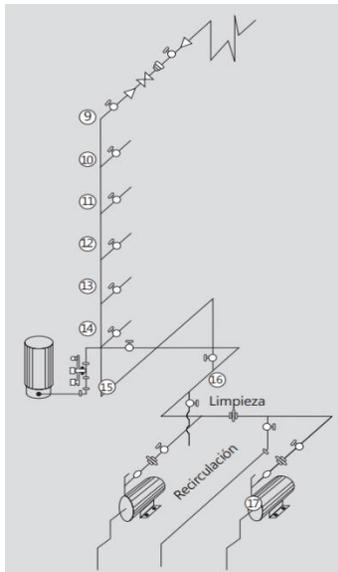


Figura 3. Distribución directa*.

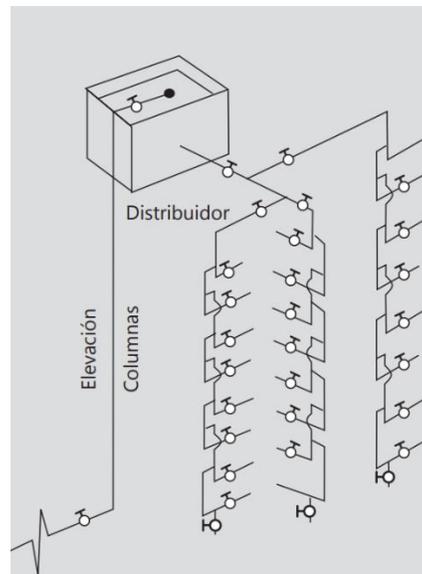


Figura 4. Distribución por gravedad*.

**Tomado de Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones, Rafael Pérez C. ECOE EDICIONES.*

- Tuberías: elementos encargados de transportar los fluidos en la edificación, su principal característica es el material que las compone, para el caso de suministro, los materiales más comunes, son cobre, PPR, acero y PVC Su utilización, dependerá de las condiciones de proyecto y los requerimientos.

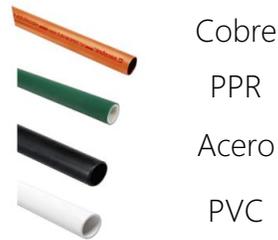


Figura 5. Materiales para tubería empleada en suministro.

- Dispositivos de control y protección: en las instalaciones de suministro, es necesario regular el recorrido de los fluidos, así como, proteger los equipos mecánicos, por ejemplo, las bombas del fenómeno llamado, golpe de ariete, los elementos que más comunes son: válvulas (compuerta, globo, esfera, de no retorno (check), reductora de presión) y llaves.



Figura 6. Dispositivos de control y protección.

- Fluxómetros: estos dispositivos, merecen mención específica, ya que presentan un gran consumo, su funcionamiento es como una llave de gran gasto que permanece abierta durante un periodo de tiempo desde su disparo, hasta que se cierra automáticamente. Los fluxómetros alimentan al mueble sanitario, con una cantidad de agua equivalente a la que suministra un tanque tradicional.



Figura 7. Fluxómetros existentes.

- Muebles sanitarios: los aparatos sanitarios, objetivo principal de una instalación de suministro, para su instalación se debe contar con condiciones de espacio y ubicación, a fin de cumplir adecuadamente sus funciones sanitarias. Dentro de los muebles más comunes en una edificación tenemos, lavamanos, inodoros, urinarios, lavaderos, regaderas, fregaderos, tarjas. Actualmente, los muebles presentan mejoras en su funcionamiento y también en su consumo, teniendo bajos niveles de consumo.



Figura 8. Muebles sanitarios comunes en una edificación.

INSTALACIONES PARA EVACUACIÓN DE AGUA.

La evacuación de aguas residuales va de la mano con la salubridad, en la antigüedad, las condiciones intolerables de salubridad y las muertes por epidemias debido a aguas grises, obligaron a tomar medidas de protección a la salud, para ser adoptadas en las grandes ciudades.

Desde épocas pasadas, existieron instalaciones de suministro y sanitarias, por ejemplo, en el río Indo de la India, se encontraron ruinas de un sistema de suministro, que data de unos 3000 a 6000 años de antigüedad. En Egipto, se descubrieron secciones de tubos para abastecer de agua, de cerca de hace 5000 años, en alcobas provistas de cuartos de baño.

El hacinamiento que se presenta en las edificaciones masivas, presentes en grandes urbes, en conjunto con un mal manejo de los residuos, trajo consigo problemas relacionados con la salud pública y la higiene personal, estos problemas se intensificaron con el periodo de la revolución industrial, por lo cual, se desarrollaron soluciones, ligadas a los nuevos materiales, métodos, modelos y estandarización de las instalaciones hidrosanitarias. Y aunque al principio, existieron varios errores, materiales deficientes e instalaciones

ineficientes, se fueron haciendo correcciones adecuadas y generando experiencia para lograr las instalaciones actuales.

El sistema de evacuación de agua residual, es el conjunto de conductos y estructuras que recibe la descarga de colectores y bajantes de evacuación de inodoros, mingitorios, regaderas, lavabos, etc., de la edificación y la conduce a la red de alcantarillado, Este sistema puede estar enterrado o colocado en falso plafón. Y el sistema de evacuación de agua pluvial, se encarga de evacuar el agua de lluvia colectada.

Así, los sistemas de evacuación, pueden ser de tipo residual, pluvial o combinado. El reglamento de construcciones del entonces Distrito Federal, en su capítulo VI, de las instalaciones, se indica que toda construcción nueva de más de 200 m² de azotea, debe contar con un sistema de captación y aprovechamiento de agua pluvial de la superficie construida a nivel azotea, para lo cual debe contarse con una cisterna, para este fin. El aprovechamiento se dará en todos aquellos usos que no requieran agua con calidad potable, como inodoros, riego de jardines y actividades de limpieza conforme a la Ley de Aguas del Distrito Federal y sus Reglamentos.

Los sistemas de evacuación residual, se clasifican en:

- Aguas negras: las que conducen excretas.
- Aguas grises: vertidas de vertederos y fregaderos.
- Aguas jabonosas: de lavabos, lavadoras y regaderas.

Estas redes, deben contar con tuberías de evacuación y de ventilación, así como sifones, para garantizar un buen funcionamiento hidráulico. De acuerdo a su disposición, los elementos que las componen se dividen en derivaciones, bajantes y colectores.

Los sistemas de evacuación pluvial, captan y conducen el agua que precipita en una superficie, generalmente las azoteas, su sistema de redes se compone de bajantes y colectores, en México generalmente se disponen a la red de alcantarillado, lo cual aún está permitido, aunque actualmente se está haciendo uso de su aprovechamiento, mediante sistemas de captación pluvial. Lo que sí está prohibido, es que se conecten las bajantes de la captación pluvial a las tuberías de ventilación de las aguas residuales.

El material más usado en los sistemas de evacuación residual y pluvial, es el policloruro de vinilo (PVC) que es un material de plástico sintético, clasificado dentro de los termoplásticos, que presenta ventajas, como ligereza, flexibilidad, paredes lisas, alta resistencia a la corrosión, resistencia química y no tóxicas.

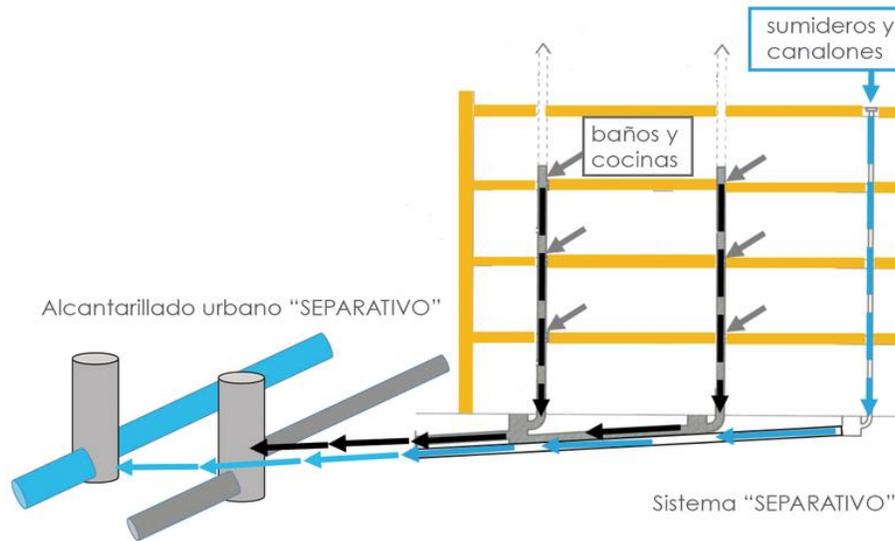


Figura 9. Sistemas de evacuación residual y pluvial, en una edificación.

INSTALACIONES PARA EL APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.

Los estudios del gas licuado de petróleo (G.L.P.), se dieron a principios del siglo XX, cuando en 1910, Walter Snelling, químico y experto en explosivos de la oficina de minas de Estados Unidos, comenzó a investigar porque la gasolina natural sin refinar, tendía a evaporarse, de los tanques de combustible de los autos Ford modelo T, de la época. Después de su investigación, concluyo que se formaban vapores volátiles, debidos al propano y butano presentes en la gasolina.

Lo siguiente que realizo, fue encontrar la manera de controlarlos y retenerlos, dividiendo a estos vapores, en sus componentes líquidos y gaseosos, y demostrando la presencia de propano y butano, principales componentes del gas L.P. El método para su manejo, consistía en separarlos primero de la gasolina, y después pasarlos a fase liquida, sometiéndolos a mayor presión.

Actualmente, el gas L.P. se puede obtener de dos fuentes, la primera como subproducto del petróleo (mediante destilación), o bien a través del gas natural. Teniendo en ambos casos la ventaja de poder comprimirlo y transportarlo de forma líquida. Además, se considera al gas L.P., como combustible de bajas emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

México genera la mayor parte de su energía con combustibles fósiles, cerca del 90% del consumo nacional, uno de estos combustibles, es el Gas L.P., que, por sus características, cualidades, facilidad de almacenamiento, además de enorme infraestructura creada a lo largo del tiempo, es de los energéticos más empleados para uso doméstico, comercial e industrial. La infraestructura del gas L.P. a nivel nacional se lleva a cabo por medio de distribuidores de primera mano, que, por medio de vehículos, estaciones de carburación, pipas y tanques portátiles comercializan el producto a los consumidores.

Respecto a la información para el diseño de instalaciones de gas L.P. en México, está disperso, por lo cual es recomendable recurrir a diversas fuentes bibliográficas, pues su diseño debe involucrar, el conocer los fenómenos asociados al gas, sin olvidar la seguridad como el aspecto fundamental de la operación del sistema. Así, una instalación de aprovechamiento de gas L.P., debe presentar resistencia al gas, evitar acumulaciones y minimizar los riesgos de intoxicación y explosión.

Aunque actualmente hay un fuerte impulso a la industria de gas natural, el gas L.P. sigue aventajando en demanda, por lo antes mencionado, pero además también, posee un mayor poder calorífico respecto al Natural.

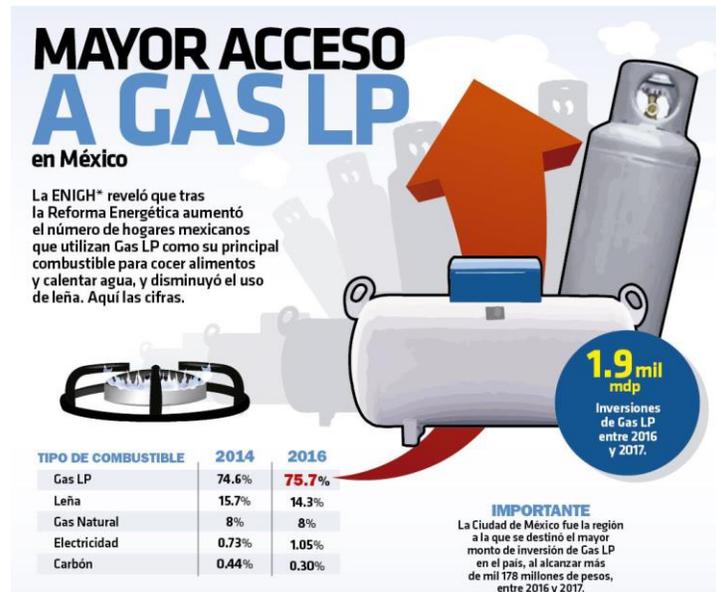


Figura 10. Principales combustibles empleados en hogares en México.

El Gas L.P. en estado natural, es incoloro e inodoro, con baja viscosidad y en estado gaseoso es más pesado que el aire, se le añade mercaptano para odorizarlo, en proporción de 1 litro por cada 10,000 litros de Gas L.P., con lo cual podemos distinguir su presencia por medio del olfato

Los recipientes para su almacenamiento, pueden ser portátiles o fijos, los tanques portátiles, por su peso y dimensiones, pueden manejarse manualmente, las capacidades pueden ser de 10, 20, 30 o 45 kg. Los tanques fijos se denominan comercialmente, tanques estacionarios, son recipientes de acero, diseñados para almacenar el gas a altas presiones, y son abastecidos con autotanques que transportan el combustible hasta el sitio.



Figura 11. Tanques portátiles y estacionarios.

El gas L.P. se consume generalmente en kg, y los elementos que pueden componer una instalación de aprovechamiento, son los recipientes, los reguladores, los medidores, los vaporizadores, las tuberías, dispositivos de control y seguridad (válvulas) y los equipos de consumo.

El material para las tuberías en instalaciones de aprovechamiento de gas, pueden ser de cobre tipo "L", siempre que no sean sometidas a esfuerzos mecánicos o se pretenda enterrarlas, en caso que sean sometidas a un gran esfuerzo mecánico, por ejemplo en la línea de llenado, se debe utilizar cobre tipo "k". También se puede usar acero cedula 80, y actualmente, se está generalizando el uso de la tubería PE-AL-PE, que es una tubería que presenta dos capas de polietileno y una intermedia de aluminio.

Tabla 2. Tipos de tubería de cobre.

| Clasificación | Diámetros Comunes (in) | Aplicaciones |
|---------------|---------------------------|---|
| Tipo K | ¼" – 8" | Instalaciones industriales, conducción de líquidos y gases en condiciones severas de presión y temperatura. |
| Tipo L | ¼" – 8" | Instalaciones de gas L.P. y Gas Natural, tomas domiciliarias, instalaciones HVAC. |
| Tipo M | 3/8" – 8" | Instalaciones de agua fría y caliente en casa habitación y edificaciones en general. |
| Tipo DWV | 1 ¼" – 4" | Instalaciones sanitarias y de ventilación en donde no existen presiones internas en el servicio. |

Para el diseño, cálculo y construcción de una instalación de gas L.P. debemos tomar en cuenta los siguientes puntos,

- Tipo de construcción y de instalación (residencial, comercial o industrial).
- Aparatos de consumo y su ubicación.
- Consumo por aparato y consumo total.
- Diámetro de las tuberías a emplear.

Las instalaciones de aprovechamiento de gas L.P., deben contar con un dictamen de una unidad de verificación en materia de gas L.P., acreditada y aprobada para el inicio de

operaciones. Por lo que el diseño y construcción se debe basar en normatividad vigente, para este fin aplica la NOM-004-SEDEG-2004, Instalaciones de aprovechamiento de Gas L.P. Diseño y construcción, que establece dentro de la República Mexicana 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.

CAPÍTULO 2: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE SUMINISTRO.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.

El proyecto consiste en diseñar el trazo y dimensionamiento de las instalaciones hidrosanitarias y para gas L.P. para un Gimnasio, ubicado dentro de una plaza comercial, localizada en Tuxtla Gutiérrez, en el estado de Chiapas, al suroeste de México.

El inmueble de uso deportivo está proyectado en el municipio de Tuxtla Gutiérrez, que contiene 118 localidades con una población de 598,710 habitantes, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2015, la georreferenciación es:



Figura 12. Sitio de proyecto. (Tomada de google Maps®).

Coordenadas | grados decimales.

Latitud (→x) 16.762341

Longitud (↑y) -93.14107

Coordenadas grados-minutos.

Latitud (→x) 16° 45' 44.42" N

Longitud (↑y) 93° 08' 27.85" W

Coordenadas estándar UTM

Zona=15 Hemisferio=N

Este 484,965.2

Norte 1,853,269.7

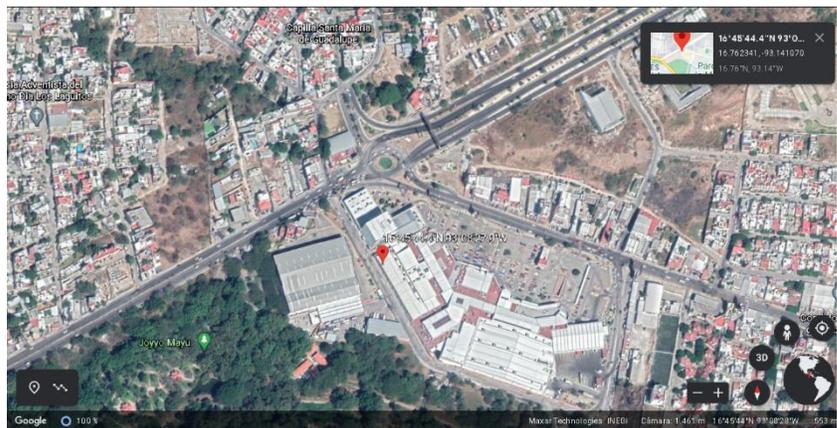


Figura 13. Georreferencia sitio de proyecto. (Google Earth®)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL INMUEBLE.

El gimnasio, cuenta con un área total de 1555 m², y un área efectiva de uso de 1451 m², comprendida por cinco zonas destinadas a distintos fines, se muestra a continuación el desglose de espacios.

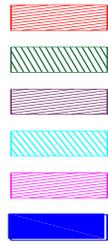
| | | | |
|------------------|--------------------|---------------------|---|
| Espacio 1 | Zona de cardio | 305 m ² |  |
| Espacio 2 | Zona de peso libre | 677 m ² | |
| Espacio 3 | Smart class | 145 m ² | |
| Espacio 4 | Spinning | 104 m ² | |
| Espacio 5 | Baños y oficinas | 220 m ² | |
| Superficie total | | 1555 m ² | |



Figura 14. Plano del inmueble con norte geográfico. (Elaborado en AutoCAD®).

Se habilitarán las instalaciones en la zona 5, que es donde se localizan los muebles sanitarios y los equipos de consumo de gas L.P., el sitio cuenta con tres baños para distintos fines, uno para mujeres, otro para personas discapacitadas y uno para hombres, cada uno cuenta con inodoros, lavabos y regaderas. El de hombres cuenta adicionalmente con urinarios. También se debe considerar una llave en el cuarto de limpieza. La distribución de los muebles, se presenta en la figura 15.

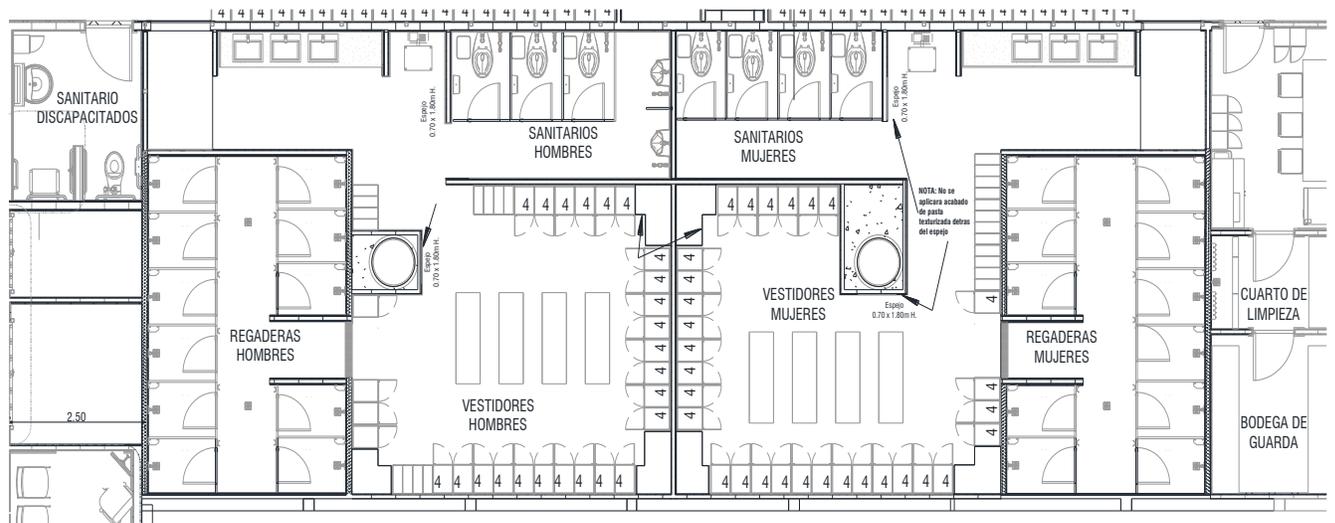


Figura 15. Áreas de colocación de las instalaciones hidrosanitarias y de gas.

Los equipos mecánicos (sistema hidroneumático), se dispondrán en la bodega de guarda y la cisterna de almacenamiento se colocará bajo esta habitación, ocupando parte del estacionamiento y parte de las zonas de desplante del gimnasio.

CRITERIOS DE DISEÑO.

La instalación para el suministro de agua que se diseña en este trabajo, se conforma de tres subsistemas:

- Suministro de agua fría.
- Suministro de agua caliente.
- Retorno de agua caliente.

El suministro de agua fría partirá de la red municipal, por medio de una toma comercial de cobre, a partir de esa toma sale la línea de llenado hasta la cisterna con capacidad de almacenamiento para tres días de consumo. Por requerimientos del proyecto arquitectónico, la cisterna está por debajo del cuarto de máquinas (bodega).

A partir de la cisterna, el equipo hidroneumático, suministrara a través de una red de tuberías las cantidades necesarias de agua fría a cada mueble o aparatos que así lo requieran. La red de tuberías de agua fría iniciará en el cuarto de máquinas (bodega), en la conexión de descarga del hidroneumático, la línea principal, hará un recorrido por el plafón, formando las derivaciones de acuerdo a la disposición arquitectónica.

Para el suministro de agua caliente, se hará uso de calentadores instantáneos de condensación, colocados en cascada en el cuarto de máquinas (bodega), al tenerse una distancia considerable hasta el mueble más lejano, es necesario contar con una red de retorno de agua caliente, la cual iniciará y terminará en la conexión de suministro de los calentadores, con lo cual se formará un ciclo de distribución. Solo se suministrará de agua caliente a las regaderas.

Dotación.

La dotación media por usuario se determinará de acuerdo al tipo de inmueble, que es uno de servicios, el valor fijado es de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas, que establece 150 L/asistente/día.

Tabla 3. Dotaciones sugeridas NTC.

| NTC PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS | | | |
|---|---|--------------|-------------------|
| EDIFICACIÓN | TIPOLOGÍA | DOTACIÓN | UNIDAD |
| Habitacional | Vivienda de hasta 90 m2 construidos | 150 | L/hab/día |
| | Vivienda mayor de 90 m2 construidos | 200 | L/hab/día |
| Comercial | Comercios | 6 | L/m2/día |
| | Mercados públicos y tianguis | 100 | L/puesto/día |
| Servicios diversos | Servicios administrativos y financieros | 50 | L/persona/día |
| | Oficinas de cualquier tipo | | |
| | Servicios automotrices | 100 | L/trabajador/día |
| | Baños públicos | 300 | L/bañista/día |
| | Servicios sanitarios públicos | | |
| | Limpieza | 40 | L/kg ropa seca |
| | Otros servicios | 100 | L/trabajador/día |
| Dotación para animales, en su caso | 25 | L/animal/día | |
| Servicios de salud y asistencia | Atención médica a usuarios externos | 12 | L/sitio/paciente |
| | Servicios de salud a usuarios internos | 800 | L/cama/día |
| | Orfanatorios y asilos | 300 | L/huésped/día |
| Educación, ciencia y cultura | Educación preescolar | 20 | L/alumno/turno |
| | Educación básica y media | 25 | L/alumno/turno |
| | Educación media superior y superior | 25 | L/alumno/turno |
| | Institutos de investigación | 50 | L/persona/día |
| | Museos y centros de información | 10 | L/asistente/día |
| Centros de reunión | Servicios de alimentos y bebidas | 12 | L/comida/día |
| | Espectáculos y reuniones | 10 | L/asistente/día |
| | Recreación social | 25 | L/asistente/día |
| | Prácticas deportivas con baños y vestidores | 150 | L/asistente/día |
| | Espectáculos deportivos | 10 | L/asiento/día |
| | Lugares de culto: Templos, iglesias y sinagogas | 10 | L/asistente/día |
| Servicios turísticos | Hoteles, moteles, albergues y casas de huéspedes | 300 | L/huésped/día |
| | Campamentos para remolques | 200 | L/persona/día |
| Seguridad | Defensa, policía y bomberos | 200 | L/persona/día |
| | Centros de readaptación social | 200 | L/interno/día |
| Servicios funerarios | Agencias funerarias | 10 | L/sitio/visitante |
| | Cementerios, crematorios y mausoleos | 100 | L/trabajador/día |
| | Visitantes a cementerios, crematorios y mausoleos | 10 | L/sitio/visitante |

Población.

La población de proyecto se estimará en la condición más desfavorable, de acuerdo a estimaciones (figura 16), habrá una asistencia de hasta el 100% de la capacidad, para saber el número de personas, nos apoyamos del plano arquitectónico, donde verificamos número de equipos, cantidad de recintos con un máximo posible de ocupación, con lo que estimamos 263 personas en máxima ocupación.

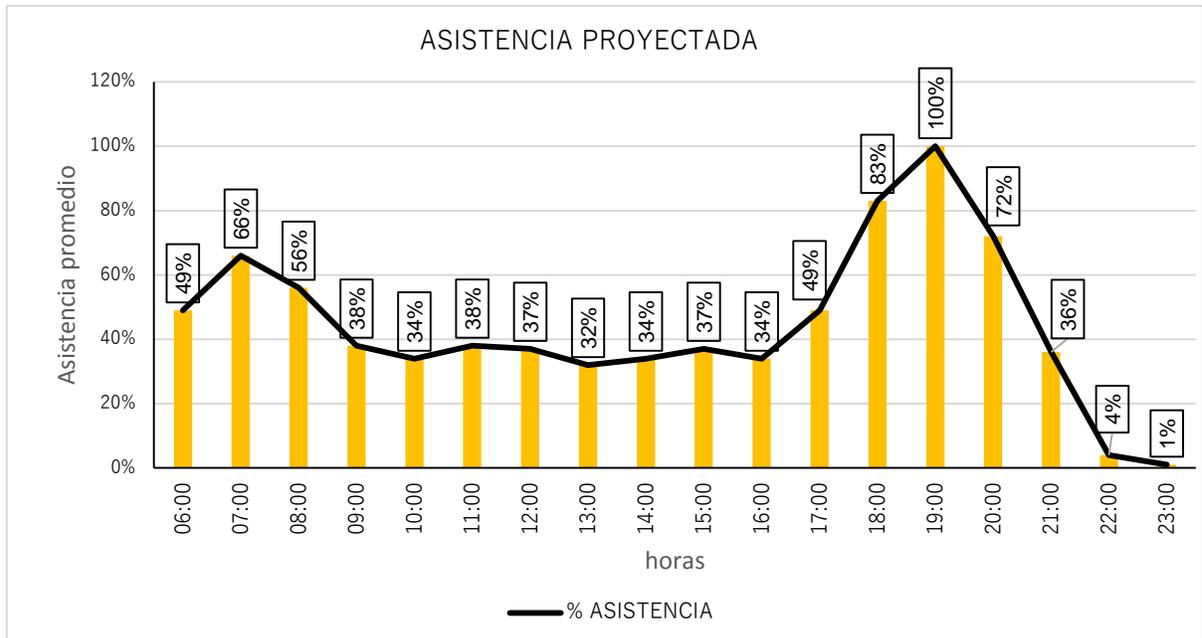


Figura 16. Gráfica asistencia proyectada al inmueble.

Abastecimiento de agua potable.

La red hidráulica se genera a partir de la cisterna de agua potable, considerada para tres días de consumo, el cuarto de equipos está por arriba del nivel de la cisterna, por lo que las bombas tendrán succión negativa, el equipo de bombeo será un hidroneumático para suministrar el agua a los muebles sanitarios que los requieren.

El sistema hidráulico a instalarse será el de presión directa a base de equipos de bombeo hidroneumático conformados por motobombas centrifugas horizontales y tanques precargados, cuya potencia determinaremos en la memoria técnica. La edificación tendrá una alimentación con válvula general y ramaleo por piso de planta.

Cálculo de gastos.

Para el gasto de diseño, nos basaremos en el método, de las unidades-mueble del Dr. Roy B. Hunter (fixture units) para agua fría, y para agua caliente.

Cálculo de diámetros.

Los diámetros mínimos con los que se deben alimentar los muebles sanitarios están dados por las especificaciones de los fabricantes, los diámetros en los ramales secundarios y en la red principal se seleccionarán respetando las velocidades máximas dentro de las mismas.

Velocidades.

- Velocidad mínima. Para evitar sedimentaciones, se recomienda que la velocidad mínima en cualquier tramo sea de 0.50 m/s.
- Velocidad máxima. Con objeto de evitar ruidos, vibraciones y golpes de ariete en las tuberías, la velocidad deberá limitarse a 2.0 m/s.

Pérdidas por fricción.

Se determinarán las pérdidas de carga de los caudales, mediante los diámetros seleccionados, así como velocidad y distancia a recorrer, nos apoyaremos de la fórmula para pérdidas de Darcy-Weisbach.

CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO.

Los códigos, normas, estándares y manuales a utilizarse en el desarrollo del proyecto, serán los siguientes, según apliquen:

NTC para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas.

Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE)

Reglamento de construcción para el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México, 2017.

NTC para proyecto arquitectónico.

Normas de diseño de ingeniería electromecánica del Instituto Mexicano del Seguro Social, instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales (ND-01-IMSS-HSE-1997).

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, 2007.

UNIDADES.

Las unidades utilizadas en los diferentes cálculos a desarrollar, serán en el sistema internacional y el sistema Ingles, por ser práctica común en el ramo de la construcción en México.

Tabla 4. Sistema de unidades (instalación de suministro).

| Concepto | Unidad Sistema Métrico | Unidad Sistema Ingles |
|----------------------|---------------------------|--------------------------|
| Longitud | m | |
| Área | m ² | |
| Volumen | m ³ | |
| Gasto | m ³ /s | |
| Presión Estática | m.c.a. | |
| Pérdidas hidráulicas | m.c.a. | |
| Temperatura | °C | °F |
| Velocidad | m/s | |
| Diámetro tuberías | mm | Pulgada |
| Potencia de Motor. | watts | HP |

METODOLOGÍA.

Se va a suministrar agua fría para las siguientes zonas y equipos del gimnasio:

- Áreas públicas (duchas, excusados, mingitorios y lavabos).
- Vertedero para servicio de limpieza.
- Calentadores instantáneos de gas.

De acuerdo a las NTC-DEOIH, la dotación en centros de reunión con prácticas deportivas, baños y vestidores son 150 L/asistente/día (tabla 3). La población de proyecto es de 263 personas.

Dimensionamiento de la cisterna de almacenamiento.

El volumen de agua almacenada será una reserva para dos días de demanda, más un día de operación, es decir, un volumen de tres días.

Tabla 5. Dimensiones de la cisterna

| TIPO DE EDIFICACIÓN: COMERCIAL, SERVICIOS, INDUSTRIA Y ESPACIOS ABIERTOS | | |
|--|---|---------------------|
| CÁLCULO DE PROVISIÓN MÍNIMA DE AGUA POTABLE CON NTC DEOIH | | |
| TIPO DE EDIFICACIÓN | Prácticas deportivas con baños y vestidores | |
| CONCEPTO | CANTIDAD | UNIDAD |
| DOTACION MÍNIMA | 150 | L/asistente/día |
| POBLACIÓN O UNIDAD | 263 | asistente |
| NIVELES | 1 | niveles |
| DOTACIÓN POR DÍA | 39450 | L/día |
| VOLUMEN DE RESERVA | 78900 | L/día |
| VOLUMEN TOTAL REQUERIDO | 118350 | L/día |
| VOLUMEN TOTAL REQUERIDO | 118.35 | m ³ /día |
| PROPUESTA DE DIMENSIONES DE LA CISTERNA | | |
| DIMENSIÓN POR LADO | 4.289 | m |
| LARGO | 10.00 | m |
| ANCHO | 6.00 | m |
| PROFUNDIDAD | 2.00 | m |
| VOLUMEN TOTAL DISPONIBLE | 120 | m ³ |
| PROFUNDIDAD TOTAL (+ CONCHÓN DE AIRE) | 2.30 | m |
| VOLUMEN TOTAL | 120 | m ³ /día |
| REVISIÓN | | OK |

De acuerdo a la tabla 5, se deberá construir una cisterna, enterrada en el estacionamiento y contará con las siguientes características.

- Cisterna de forma rectangular, 10 x 6 [m], largo x ancho.
- El espejo de agua debe alcanzar 2 m.
- Registro para mantenimiento de 60 x 80 [cm], y escalera marina para el ingreso del personal de mantenimiento.

Red de agua fría.

El suministro de agua fría partirá de la cisterna, ubicada a un costado del cuarto de máquinas, a partir de allí, una línea saldrá al cuarto de máquinas (bodega), se conectará a una bomba, y esta abastecerá al equipo hidroneumático, el encargado que el agua

llegue en cantidad y presión a los muebles sanitarios. Se muestra de manera general en el siguiente esquema.

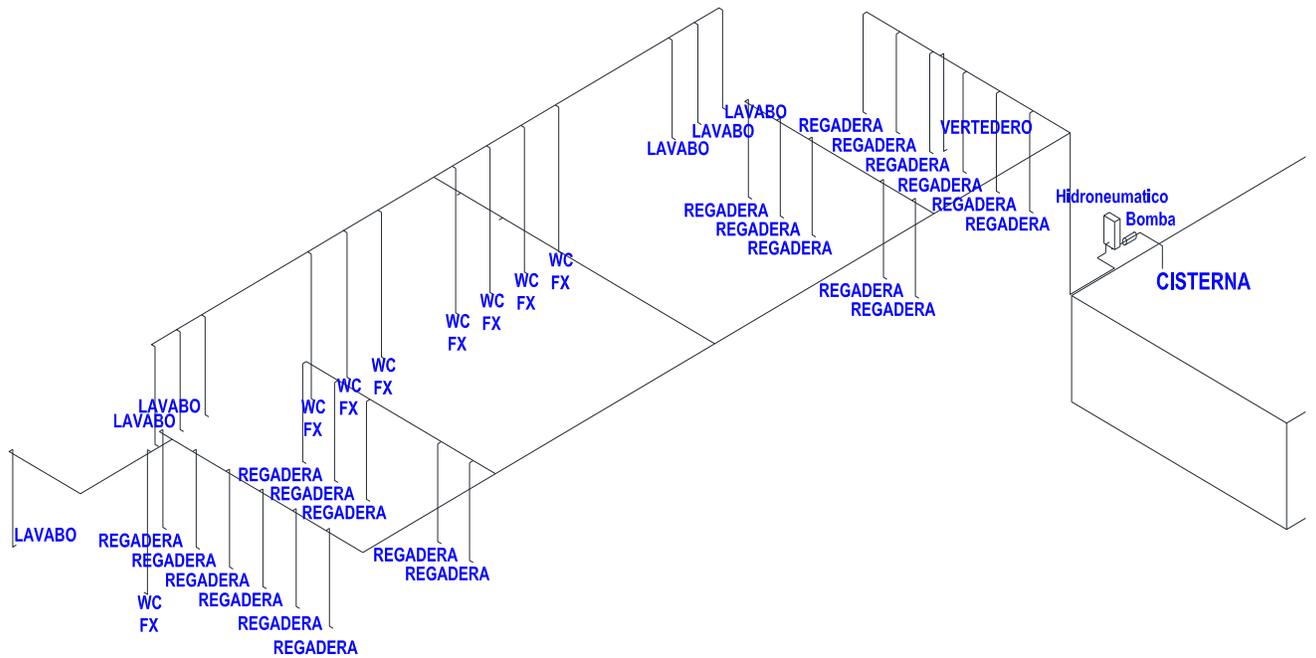


Figura 17. Isométrico suministro agua fría.

Gasto máximo instantáneo y diámetros.

Para determinar el máximo caudal que se puede presentar en un cierto momento, se recurre a la metodología que propone el Dr. Roy Hunter, con la finalidad de reducir la incertidumbre de la instalación.

Se presenta a continuación el seccionamiento de análisis considerado, agrupando hasta un máximo de tres muebles del mismo tipo, y cambiando de sección, cuando cambia de mueble sanitario.

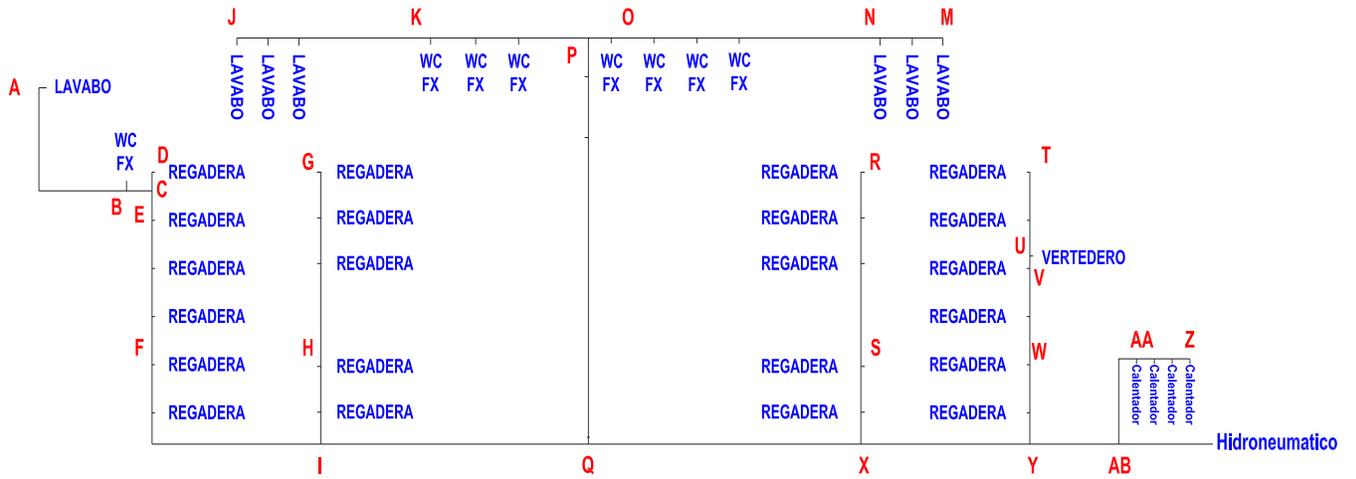


Figura 18. Esquema en planta de la red de agua fría.

El esquema anterior no contempla los mingitorios, dentro del suministro, debido a que son de tipo seco. Los muebles sanitarios presentes en el esquema, se van a considerar con la siguiente ponderación de demanda, en unidades mueble (UM).

Tabla 6. Demanda de flujo para suministro de agua.

| MUEBLE | U. M. DESCARGA |
|-------------------------|----------------|
| EXCUSADO CON FLUXÓMETRO | 10 |
| LAVABO (PÚBLICO) | 2 |
| REGADERA | 2 |
| CALENTADOR INSTANTÁNEO | 8* |
| VERTEDERO DE SERVICIO | 3 |

* Ajuste de acuerdo al flujo de operación en ficha técnica.

Tabla 7. Gasto máximo instantáneo y diámetros en tramos de tubería (1 de 2).

| Tramos o derivaciones | Mueble o aparato | | Total de unidades mueble | Qmi (L/s) | Diámetro | | Velocidad (m/s) |
|-----------------------|--------------------------------|----------|--------------------------|-----------|--------------------|--------|-----------------|
| | Descripción | Cantidad | | | Nominal (pulgadas) | | |
| A-B | Lavabo público | 1 | 2.00 | 0.1500 | 1/2 | 0.9143 | |
| B-C | Lavabo público | 1 | 12.00 | 1.8600 | 11/2 | 1.5742 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 1 | | | | | |
| D-C | Regadera privada | 1 | 2.00 | 0.1500 | 1/2 | 0.9143 | |
| C-E | Lavabo público | 1 | 14.00 | 1.9500 | 11/2 | 1.6504 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 1 | | | | | |
| | Regadera privada | 1 | | | | | |
| E-F | Lavabo público | 1 | 20.00 | 2.2100 | 11/2 | 1.8705 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 1 | | | | | |
| | Regadera privada | 4 | | | | | |
| F-I | Lavabo público | 1 | 24.00 | 2.3600 | 11/2 | 1.9974 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 1 | | | | | |
| | Regadera privada | 6 | | | | | |
| G-H | Regadera privada | 3 | 6.00 | 0.4200 | 3/4 | 1.2603 | |
| H-I | Regadera privada | 5 | 10.00 | 0.5700 | 3/4 | 1.7104 | |
| I-Q | Lavabo público | 1 | 34.00 | 2.7100 | 2 | 1.3251 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 1 | | | | | |
| | Regadera privada | 11 | | | | | |
| J-K | Lavabo público | 3 | 6.00 | 0.4200 | 3/4 | 1.2603 | |
| K-P | Lavabo público | 3 | 36.00 | 2.7800 | 2 | 1.3593 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 3 | | | | | |
| M-N | Lavabo público | 3 | 6.00 | 0.4200 | 3/4 | 1.2603 | |
| N-O | Lavabo público | 3 | 36.00 | 2.7800 | 2 | 1.3593 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 3 | | | | | |
| O-P | Lavabo público | 3 | 46.00 | 3.0900 | 2 | 1.5109 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 4 | | | | | |
| P-Q | Lavabo público | 6 | 82.00 | 3.9460 | 2 | 1.9294 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 7 | | | | | |
| Q-X | Lavabo público | 7 | 116.00 | 4.5380 | 2 1/2 | 1.4387 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 8 | | | | | |
| | Regadera privada | 11 | | | | | |
| R-S | Regadera privada | 3 | 6.00 | 0.4200 | 3/4 | 1.2603 | |
| S-X | Regadera privada | 5 | 10.00 | 0.5700 | 3/4 | 1.7104 | |
| X-Y | Lavabo público | 7 | 126.00 | 4.728 | 2 1/2 | 1.4989 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 8 | | | | | |
| X-Y | Lavabo público | 7 | | | | | |
| T-U | Regadera privada | 2 | 4.00 | 0.2600 | 1/2 | 1.5848 | |
| U-V | Regadera privada | 2 | 7.00 | 0.4400 | 3/4 | 1.3203 | |
| | Vertedero | 1 | | | | | |

Tabla 8. Gasto máximo instantáneo y diámetros en tramos de tubería (2 de 2).

| Tramos o derivaciones | Mueble o aparato | | Total de unidades mueble | Qmi (L/s) | Diámetro | | Velocidad (m/s) |
|-----------------------|--------------------------------|----------|--------------------------|-----------|--------------------|--------|-----------------|
| | Descripción | Cantidad | | | Nominal (pulgadas) | | |
| V-W | Regadera privada | 5 | 13.00 | 0.6650 | 3/4 | 1.9954 | |
| | Vertedero | 1 | | | | | |
| W-Y | Regadera privada | 6 | 15.00 | 0.7300 | 1 | 1.2944 | |
| | Vertedero | 1 | | | | | |
| Y-AB | Lavabo público | 7 | 141.00 | 4.9400 | 2 1/2 | 1.5661 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 8 | | | | | |
| | Regadera privada | 22 | | | | | |
| | Vertedero | 1 | | | | | |
| Z-AA | Calentador instantáneo | 3 | 24.00 | 1.0400 | 1 | 1.8440 | |
| AA-YB | Calentador instantáneo | 4 | 32.00 | 1.3100 | 1 1/4 | 1.5512 | |
| AB-HIDRONEUMATICO | Lavabo público | 7 | 173.00 | 5.3900 | 2 1/2 | 1.7088 | |
| | Inodoro público con fluxómetro | 8 | | | | | |
| | Regadera privada | 22 | | | | | |
| | Vertedero | 1 | | | | | |
| | Calentador instantáneo | 4 | | | | | |

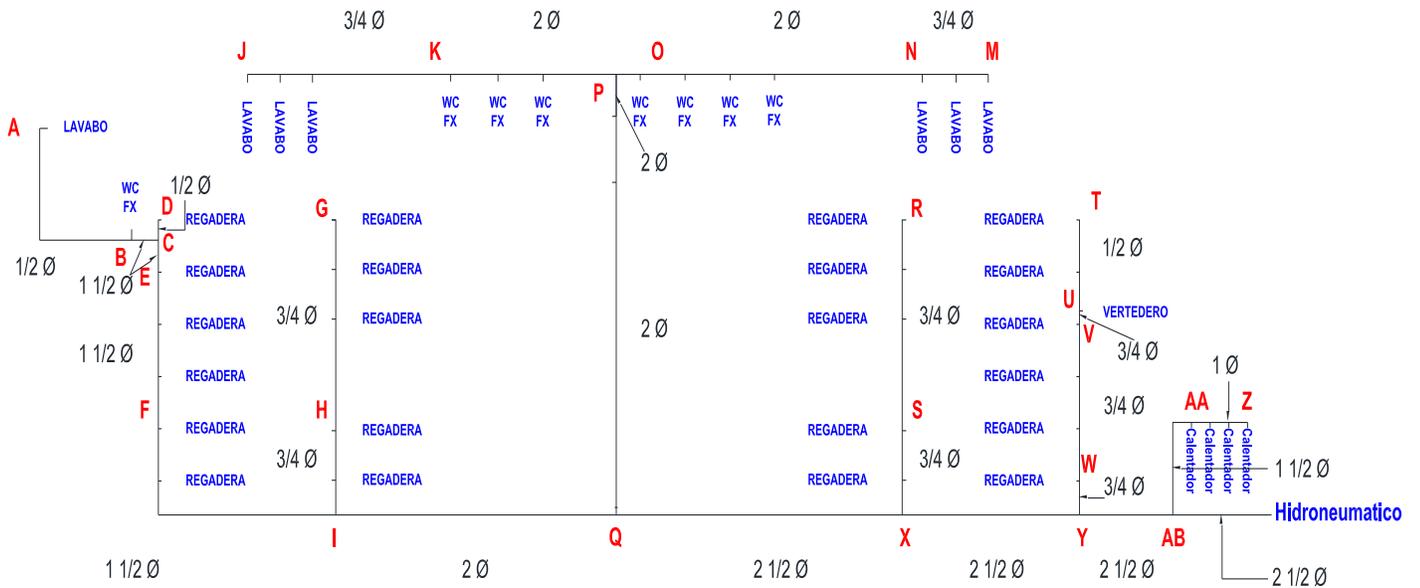


Figura 19. Diámetros en la red de agua fría.

Carga mínima requerida.

Para asegurar que el suministro de agua llegue a todos los muebles, se definirá la presión necesaria para alimentar toda la red. Para esto, vamos a obtener la presión requerida en el mueble más desfavorable, que está en función de la distancia al punto de abastecimiento y al caudal demandado. Para obtenerlo nos apoyamos de la fórmula de Bernoulli, para carga requerida.

$$H_{req} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + \sum_1^2 h_f \text{-----(1)}$$

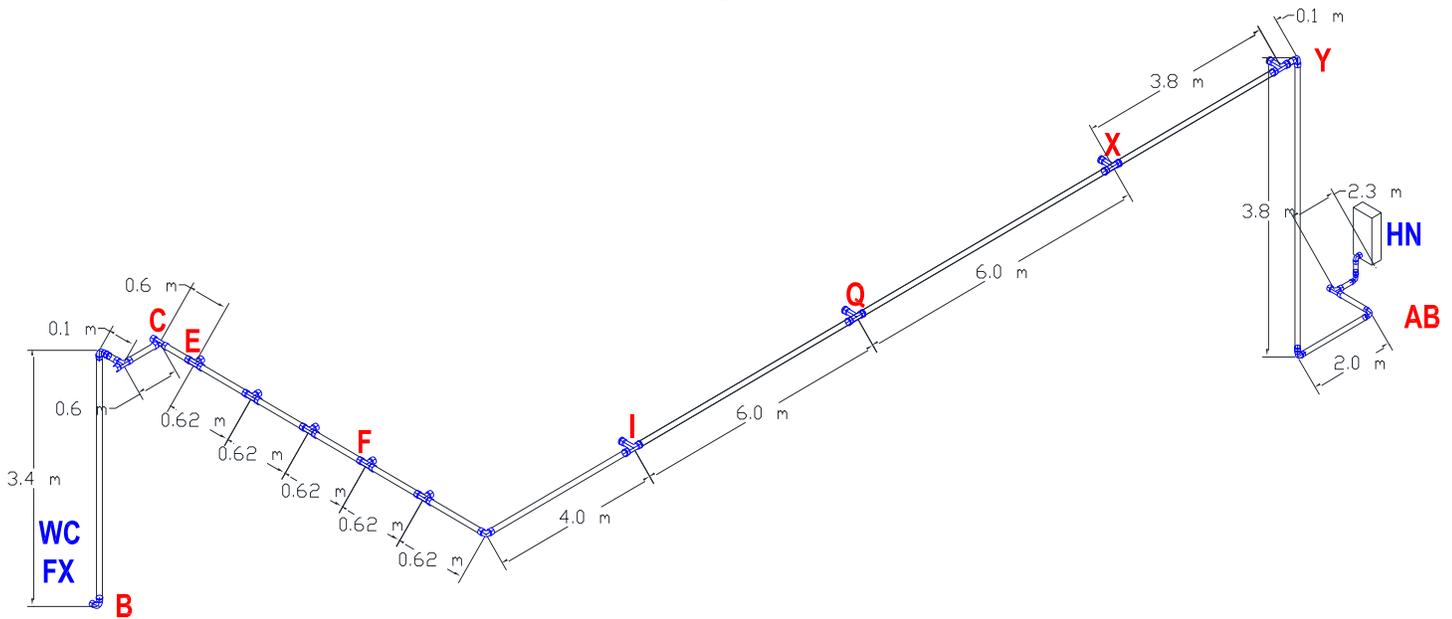


Figura 20. Mueble más desfavorable.

Tabla 9. Carga mínima de trabajo en muebles sanitarios (P₂/Y).

| MUEBLE | Diámetro (mm) | CARGA DE TRABAJO (m.c.a.) |
|-------------------------|---------------|---------------------------|
| Excusado con fluxómetro | 32 | 10 |
| lavabo (público) | 13 | 3 |
| regadera | 13 | 10 |
| calentador instantáneo | 19 | 2* |
| vertedero de servicio | 13 | 3 |

* Ajuste de acuerdo al flujo de operación en ficha técnica.

Para obtener la carga mínima requerida, consideramos el inodoro con fluxómetro en el baño para personas discapacitadas, alimentado desde el tanque hidroneumático.

Las pérdidas por fricción en la tubería, se calculan con las expresiones de Darcy Weisbach.

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \text{----- (2)}$$

Donde:
 h_f = pérdidas por fricción, m.
 f = factor de fricción, Moody.
 L = longitud del tramo, m.
 D = diámetro de la tubería, m.
 v = velocidad media en el conducto, m/s.
 g = aceleración de la gravedad.

$$h_m = k \cdot \frac{v^2}{2g} \text{----- (3)}$$

Donde:
 h_m = pérdidas por accesorios, m.
 v = velocidad media en el conducto, m/s.
 g = aceleración de la gravedad.

El factor (f), está en función del número de Reynolds (Re), si $Re < 2000$ se usa la fórmula de Hagen-Poiseuille; si $Re > 4000$ se usa la fórmula Swammey Jain (derivada de Colebrook-White). La rugosidad absoluta (ϵ) del cobre es 0.0015 (mecánica de fluidos, Potter. M.).

$$Re < 2000$$

$$f = \frac{64}{Re}$$

Donde:
 Re = número de Reynolds.

$$Re > 4000$$

$$Re = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\epsilon}{3.71 \cdot D} + \frac{5.71}{Re^{0.9}} \right) \right)^2}$$

Donde:
 ϵ = rugosidad absoluta, en mm.
 D = diámetro, en mm.
 Re = número de Reynolds

El número de Reynolds (Re), lo obtenemos con la siguiente expresión.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Donde:
 V = velocidad en m/s
 D = diámetro en metros.
 ν = viscosidad cinemática.

$$\nu = -3 \cdot 10^{-6} \cdot T^3 + 0.0006 \cdot T^2 - 0.0484 \cdot T + 1.7678 \cdot 10^{-6}$$

Donde:
 T = temperatura, °C = 20 °C.

Tabla 10. Carga requerida en red de suministro.

| | |
|-----------------------|-------------|
| Temperatura agua | 20 °C |
| Viscosidad cinemática | 0.000010158 |
| Rugosidad absoluta | 0.0015 |

| Material tubería | | Tuberías de cobre y plástico | | | | | |
|------------------|-----------|------------------------------|---------------------|---------------|--|----------|-----------------------|
| H mueble | 10 m.c.a. | | Mueble desfavorable | Inodoro flux. | | Gravedad | 9.81 m/s ² |

| Tramo | Piezas Especiales | Cantidad | Q mi | Longitud Real | Longitud Virtual | Diámetro interno | v | Re | f | hf | |
|-------|-----------------------------|----------|-------|---------------|------------------|------------------|--------|-----------|--------|-------------|-------|
| | Descripción | | L/s | L (m) | L (m) | (mm) | m/s | | | (m) | |
| B-C | Codo de 90° 1 1/2" | 4 | 1.860 | 4.10 | 9.38 | 38.79 | 1.6314 | 61191.32 | 0.0200 | 0.6117 | |
| C-E | "Te" (paso recto) 1 1/2" | 1 | 1.950 | 0.60 | 1.10 | 38.79 | 1.7104 | 64152.19 | 0.0198 | 0.0781 | |
| E-F | "Te" (paso recto) 1 1/2" | 3 | 2.210 | 1.86 | 3.36 | 38.79 | 1.9384 | 72705.82 | 0.0193 | 0.2983 | |
| F-I | "Te" (paso recto) 1 1/2" | 2 | 2.360 | 5.24 | 7.56 | 38.79 | 2.0700 | 77640.60 | 0.0190 | 0.7550 | |
| | Codo de 90° 1 1/2" | 1 | | | | | | | | | |
| I-Q | "Te" (paso recto) 2" | 1 | 2.710 | 6.00 | 6.60 | 51.03 | 1.3371 | 66866.33 | 0.0196 | 0.2270 | |
| Q-X | "Te" (paso recto) 2 1/2" | 1 | 4.538 | 6.00 | 6.70 | 63.37 | 1.4329 | 89576.20 | 0.0184 | 0.2054 | |
| X-Y | "Te" (paso recto) 2 1/2" | 1 | 4.728 | 3.80 | 4.50 | 63.37 | 1.4929 | 93326.64 | 0.0183 | 0.1485 | |
| Y-AB | "Te" (paso recto) 2 1/2" | 1 | 4.940 | 5.90 | 12.42 | 63.37 | 1.5599 | 97511.34 | 0.0181 | 0.4434 | |
| | Codo de 90° 2 1/2" | 3 | | | | | | | | | |
| AB-HN | Codo de 90° 2 1/2" | 3 | 5.390 | 2.30 | 8.12 | 63.37 | 1.7020 | 106393.95 | 0.0178 | 0.3391 | |
| | | | | | | | | | | Σ hf | 3.11 |
| | | | | | | | | | | H requerida | 13.51 |

Sistema hidroneumático.

El sistema hidroneumático debe suministrar 5.39 l/s, se conformará de un tanque presurizado y una bomba.

Dimensionamiento del tanque presurizado.

El dimensionamiento del tanque a presión, se efectúa tomando como parámetros de cálculo el caudal de bombeo (Qb), el caudal de demanda (Qd), los ciclos por hora (U), y las presiones de operación. Los ciclos de bombeo se consideran de 6 por hora y el gasto de bombeo $Q_b = 150 Vu$. El Volumen Útil (Vu), es igual al 90% de la relación de la diferencia de presiones máximas y mínimas, con la presión máxima. Manejando las presiones en valores absolutos. Finalmente, el volumen total del tanque se obtiene de la siguiente expresión.

$$V_T = \frac{Vu}{\left(\frac{\%Vu}{100}\right)} \text{----- (4)}$$

El tamaño y capacidad comerciales, los podemos obtener de la siguiente tabla.

Tabla 11. Capacidades comerciales en tanques presurizados.

| Capacidad aproximada (GALONES) | Capacidad aproximada (LITROS) | Disposición del tanque |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------|
| 65 | 246.0517 | Vertical |
| 85 | 321.7599 | Vertical |
| 87 | 329.3307 | Vertical |
| 110 | 416.3951 | Vertical |
| 135 | 511.0304 | Vertical |
| 170 | 643.5197 | Vertical |
| 205 | 776.0091 | Vertical |
| 340 | 1287.0394 | Vertical |
| 390 | 1476.3099 | Vertical |
| 460 | 1741.2886 | Horizontal |
| 530 | 2006.2673 | Horizontal |
| 680 | 2574.0788 | Horizontal |
| 770 | 2914.7657 | Horizontal |
| 865 | 3274.3797 | Horizontal |
| 1300 | 4921.0330 | Horizontal |
| 1600 | 6056.6560 | Horizontal |
| 2400 | 9084.9840 | Horizontal |
| 2820 | 10674.8562 | Horizontal |
| 3150 | 11924.0415 | Horizontal |
| 3260 | 12340.4366 | Horizontal |
| 3700 | 14006.0170 | Horizontal |
| 4330 | 16390.8253 | Horizontal |

| | | |
|-------|------------|------------|
| 4830 | 18283.5303 | Horizontal |
| 4880 | 18472.8008 | Horizontal |
| 5580 | 21122.5878 | Horizontal |
| 7500 | 28390.5750 | Horizontal |
| 10000 | 37854.1000 | Horizontal |

El tanque presurizado, debe asegurar una presión mínima requerida en el mueble más desfavorable, 13.68 m.c.a. (1.368 kg/cm²). Al encontramos a 549 m.s.n.m., $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ y $P_{\text{atmosférica}} = 0.967 \text{ kg/cm}^2$.

Por cantidad (40) y tipo de muebles, la relativa sencillez de la instalación, se opta por un diseño económico, siendo el diferencial de presión de 14 m.c.a (1.4 kg/cm²).

Nuestras presiones de trabajo, son $P_{\text{mínima}} = 1.368 \text{ kg/cm}^2$ y $P_{\text{máxima}} = 2.768 \text{ kg/cm}^2$. Pero debemos considerarlas en absolutas, lo que es, $P_{\text{mín}} = 1.368 + 0.967 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 2.335 \text{ kg/cm}^2$ y $P_{\text{máx}} = 2.768 + 0.967 \text{ [kg/cm}^2\text{]} = 3.735 \text{ kg/cm}^2$.

Aplicando la expresión 4, se obtiene un volumen total requerido de 2396.63 litros, y comercialmente, estamos en un tanque horizontal de 680 Galones (2574.0788 litros).

El tanque presurizado seleccionado, es marca Global Water Solutions, modelo Superflow SFB-2000LV, con capacidad de 2000 litros.

Tabla 12. Características tanque presurizado SFB-2000LV.

| ORIENTACIÓN | CONEX. | VOL. | PRESIÓN TRABAJO | PRESIÓN SALIDA | PESO | DIMENSIONES | |
|-------------|--------|--------|-----------------|----------------|------|-------------|-----|
| | | | | | | A | B |
| | In | Litros | bar | bar | kig | cm | cm |
| Vertical | 2" | 2000 | 4 | 10 | 370 | 110 | 252 |

Ficha técnica en el anexo.

Selección de la bomba.

La bomba debe asegurar el suministro de agua en cantidad y presión que se requiere en la red de agua fría, para ello, se calcula la carga dinámica total, que considera las cargas (distancias) sobre la línea de referencia, como positivas, y a las cargas debajo se

consideran negativas. También se definen como línea de alimentación (positivas) y línea de succión (negativas).

El procedimiento es parecido al cálculo de la carga requerida, pero aumentan las variables de análisis. La siguiente expresión nos resume su obtención.

$$CDT = H_{est} + h_{fs} + \sum h_{ms} + h_{fd} + \sum h_{md} + \frac{v_d^2}{2g} \text{----- (5)}$$

Donde:

H_{est} = carga estática total ($h_{es} + h_{ed}$), en m.

h_{es} y h_{ed} = carga estática en tubería de descarga y succión, respectivamente, en m.

h_{fs} = pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de succión, en m.

$\sum h_{ms}$ = pérdidas menores en conexiones y válvulas de tubería de succión, m;

h_{fd} = pérdida de carga debida a la fricción en la tubería de descarga, en m

$\sum h_{md}$ = pérdidas menores en conexiones y válvulas de tubería de descarga, m;

v_d = velocidad en tubería de descarga, m/s.

g = aceleración debida a la gravedad, 9.81 m/s^2 (sitio proyecto).

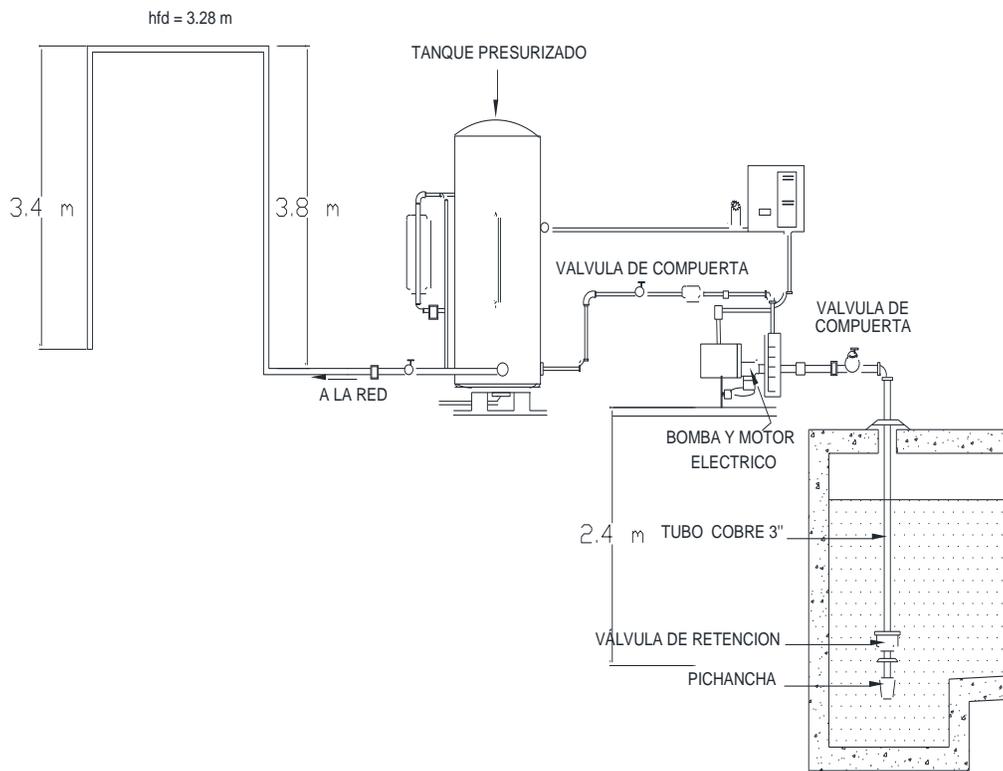


Figura 21. Esquema general en línea de descarga y succión ($L=4.14\text{m}$ y $D = 3''$).

Curva del sistema (Q-CDT).

El proceso es el siguiente:

- Variamos el caudal, desde $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ hasta $Q = 0.00539 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Variamos la velocidad en succión ($D=75.717 \text{ mm}$) y descarga ($D= 26.797\text{mm}$) con: $v = Q / \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \text{ --- (6)}$
- Obtenemos, h_{es} y h_{edr} (Figura 7).
- Obtenemos $h_{fs} = h_{fs} + h_{ms}$ y $h_{fd} = h_{fd} + h_{md}$.
- Para pérdidas en descarga, usamos $h_{vd} = \frac{(v_{descarga})^2}{2g} \text{ --- (7)}$.
- $CDT = h_{es} + h_{ed} + h_{fs} + h_{fd} + h_{vd}$.
- Intersecamos en el gráfico $Q = 0.00539 \text{ m}^3/\text{s}$ con el cruce en y. Obtenemos (0.00539, 4.40). Los resultados de la gráfica se muestran en el anexo.

Graficamos la curva del sistema (Figura 22).

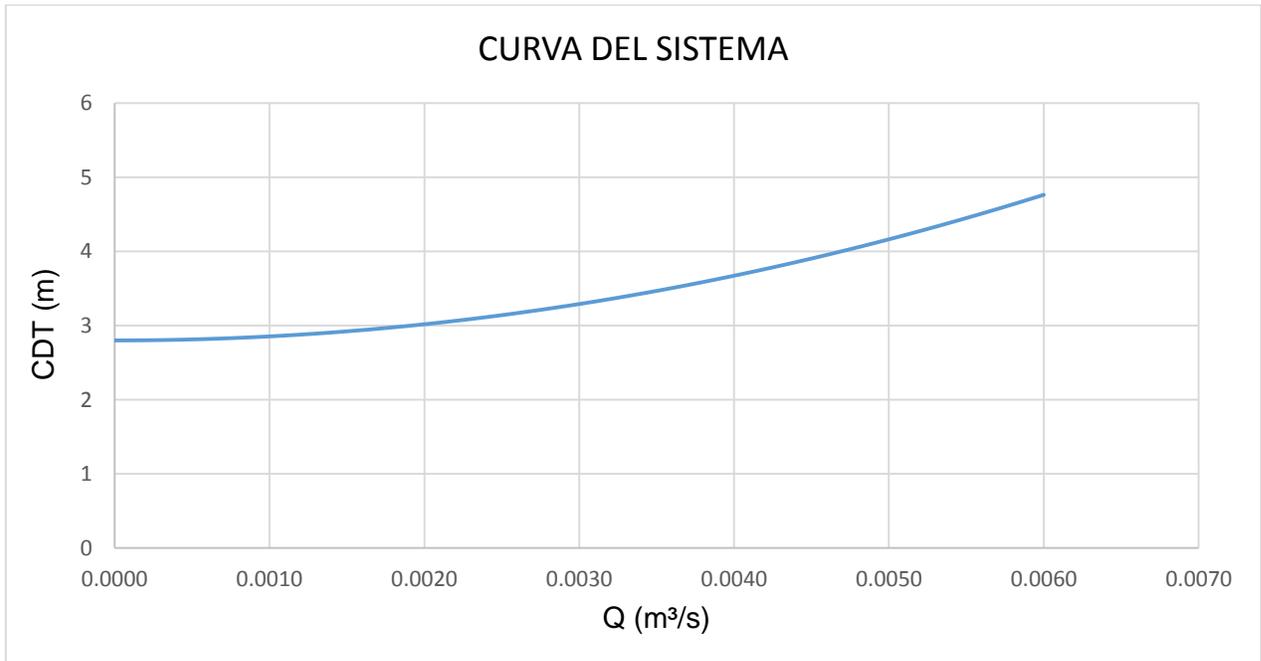


Figura 22. Curva del sistema.

Potencia preliminar.

Conocido CDT, Q, además que el líquido a conducir será agua a $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, recurrimos a la expresión 7.

$$PB = \frac{Q \cdot \gamma \cdot h}{\eta} \text{-----}(8)$$

Donde:

Q = caudal, (0.00539 m³/s).

Y = peso específico del agua, con base a Temperatura, (9.7629 kN/m³).

h = altura máxima a vencer, es decir, es la CDT, (4.39 m).

η = eficiencia supuesta, usamos un 60%.

Sustituyendo en 3, obtenemos 0.39 HP, pero se recomienda, aumentar la potencia un 20%, como seguridad, con lo que obtenemos 0.46 HP, comercialmente estamos entre ½ HP a ¾ HP.

La selección de este equipo tiene ciertas peculiaridades, pese a que no hay mucha carga estática, el flujo que demanda la red es muy alto, después de una búsqueda en la red, ubicamos la siguiente bomba, se sale un poco a nuestros parámetros preliminares de diseño, pero es ideal para lo que requerimos.



Bomba marca Evans, multietapas, con usos para sistemas hidroneumáticos.

Figura 23. Bomba multietapas inoxidable SSHX60..

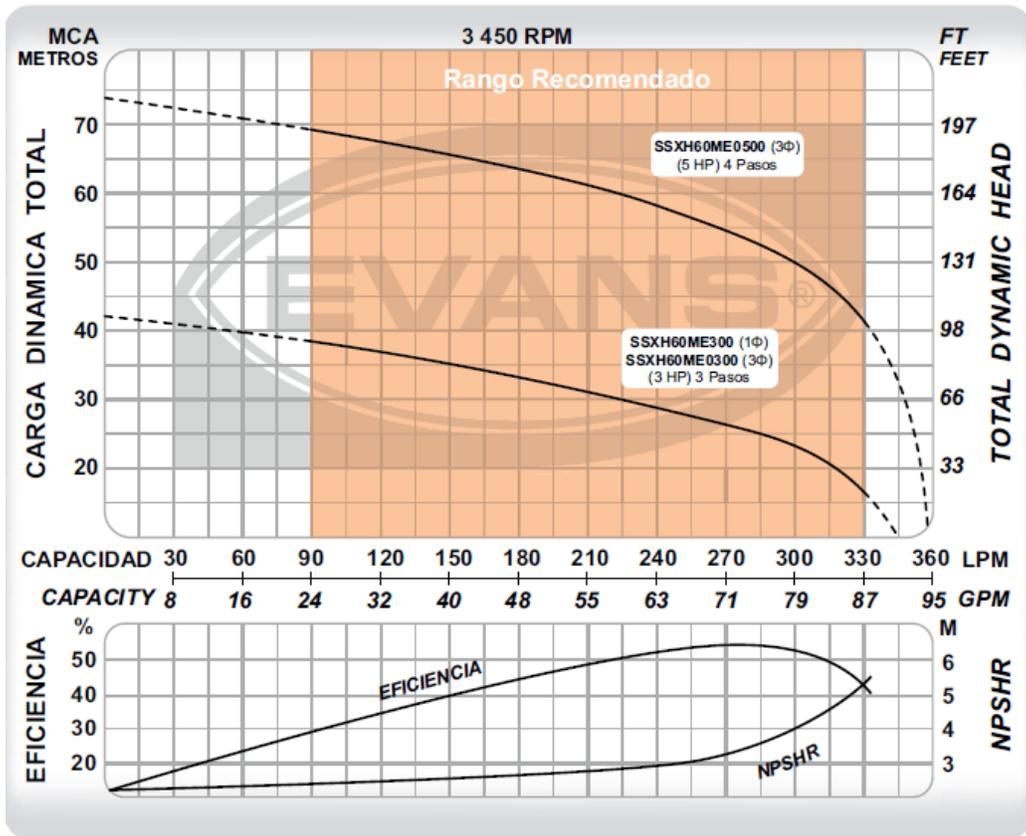


Figura 24. Curvas características y NPSH bomba horizontal SSXH60, marca EVANS.

Tabla 13. Especificaciones bomba horizontal SSXH60 marca EVANS.

| CÓDIGO | Ø SUCCIÓN | Ø DESCARGA | POTENCIA | VOLTAJE | CORRIENTE | ETAPAS | FLUJO MÁXIMO | PRESIÓN MÁXIMA | PUNTO DE MAYOR EFICIENCIA |
|--------------|-----------|------------|----------|-------------------|--------------|--------|--------------|----------------|---------------------------|
| SSXH60ME300 | 1 ½" | 1 ½" | 3 HP | 220 V ~ 60 Hz 1 Φ | 13 A | 3 | 340 l/min | 43 m | 270 l/min a 26 m |
| SSXH60ME0300 | 1 ½" | 1 ½" | 3 HP | 220/440 V~ | 8.5 / 4.3 A | 3 | 340 l/min | 43 m | 270 l/min a 26 m |
| SSXH60ME0500 | 1 ½" | 1 ½" | 5 HP | 60Hz 3Φ | 14.5 / 7.3 A | 4 | 360 l/min | 77 m | 270 l/min a 54 m |

Lo siguiente, es graficar nuestro punto de operación en la gráfica de curva de la bomba, pero considerar que la gráfica tiene en el eje "x" al gasto en litros por minuto, por lo que la equivalencia es, $Q = 323.4$ lit/min. De la figura 10, vemos que las curvas de los modelos SSXH60M300, es la que más se ajusta.

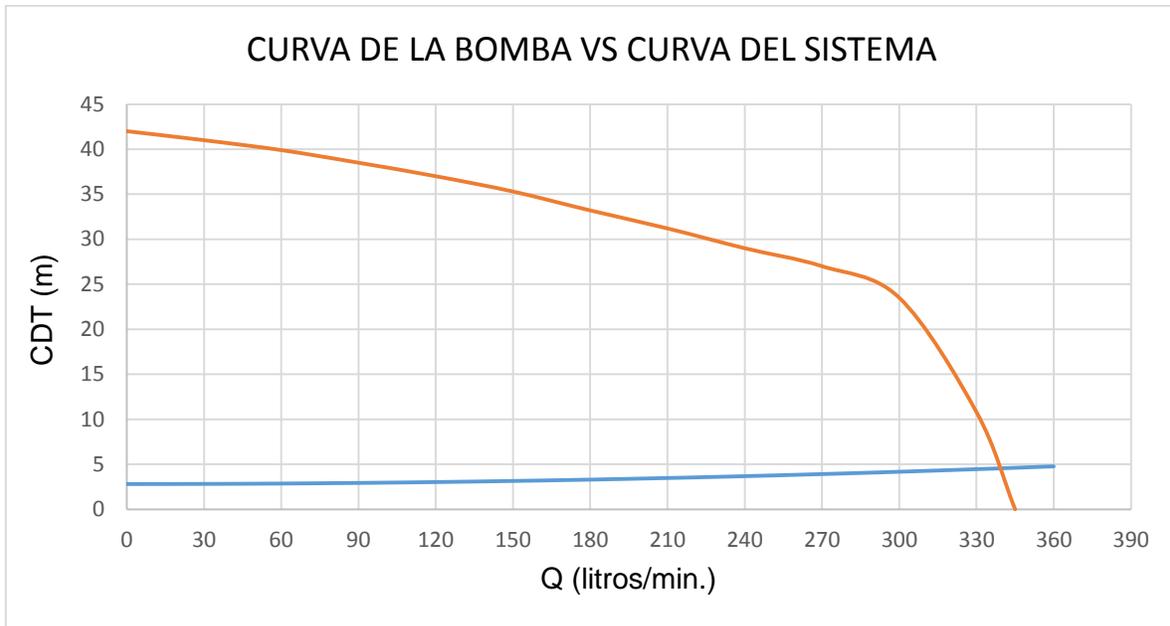


Figura 25. Curva del sistema contra curva del equipo.

La figura anterior, demuestra que el modelo de 3 HP SSXH60ME300, cumple los requerimientos necesarios para cumplir la demanda. Teniendo para mi punto de operación de 324 litros/minuto, una eficiencia del 50%.

Revisión por cavitación.

La revisión por cavitación es importante para evitar un acelerado daño en la tubería de conducción, lo único que debemos verificar es la NSPH disponible del sistema propuesto.

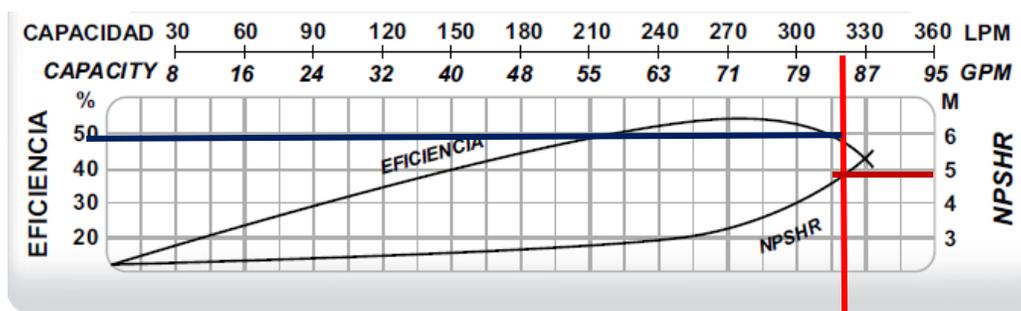


Figura 26. NPSH requerido, bombas Evans modelos SSXH60ME300.

De la figura 26, para las condiciones de máxima demanda, que son $Q = 323.4$ lit/min, tenemos un $NPSHR = 4.9$ m.

Tabla 14. NPSHdisponible.

| | |
|---|----------|
| Presión atmosférica | 7.6132 m |
| Presión de vapor | 0.2124 m |
| Carga estática en la succión | 2.3000 m |
| Pérdida de carga por fricción en la succión | 0.5000 m |
| NPSH disponible | 6.6588 m |
| NPSH requerido | 6.0000 m |
| Revisión | OK |

$$NPS_{Hdisponible} = H_{atm} - (H_{VAP} + h_s + \Delta H_f) \text{-----(8)}$$

$$NPS_{Hdisponible} = 6.0 \text{ m}$$

Se comprueba que NPSHD (6.0m) > NPSHR (4.9m), lo que indica que el sistema de bombeo no presentará problemas de cavitación.

Red de agua caliente con recirculación.

Los sistemas tradicionales para suministro de agua caliente, consisten en una línea directa del calentador al mueble, cuando no se demanda agua, el agua caliente se encuentra estancada, transmitiendo el calor a los alrededores de la temperatura más baja por convección, radiación y conducción. Esta pérdida continua, hasta el grado en que el agua queda relativamente fría e inadecuada, para el servicio de agua caliente. Esto es un inconveniente, donde se debe purgar el agua fría en la red de agua caliente, generando un desperdicio de agua.

Para pequeños sistemas de viviendas de una o dos familias, donde la longitud de la tubería del suministro de agua es relativamente corta y los diámetros de la tubería son pequeños, no generan demasiados problemas el sistema tradicional. Pero en sistemas de gran demanda, necesidad inmediata de agua caliente y grandes longitudes, una manera de reducir esas pérdidas calóricas y evitar desperdicio de agua, se recurre al uso de un sistema de recirculación o línea de retorno (RAC). Debido a las características del proyecto se recurre a esta solución.

El suministro de agua caliente se hará solo en las regaderas, por lo que el diseño de la red de agua caliente va a requerir de una tubería de retorno, para reducir las pérdidas calóricas, cuando no sea requerida.

La red de agua caliente será paralela a la red de agua fría, de igual manera la línea de retorno de agua caliente (RAC). Una vez trazada al red de agua caliente, en los puntos de abasto más alejado del inicio de la derivación, iniciará la línea de retorno, de esta manera habrá una tubería colectora principal que ira recolectando los flujos no empleados de las derivaciones, para así formar un ciclo.

Antes de obtener los parámetros de diseño, se hará el trazo de la línea de suministro de agua caliente con su retorno, ambas paralelas a la línea de agua fría. Después, hacemos el seccionamiento de los circuitos en que realizaremos el análisis, dicho seccionamiento, consiste en formar circuitos independientes, para conocer la distribución del flujo de agua, esos parámetros los vaciamos en una hoja de cálculo y finalmente obtenemos los diámetros finales de las tuberías.

Es importante remarcar, que los diámetros de la línea RAC, se calculan a partir del diámetro de la línea de agua caliente, la cual se va a obtener de la misma forma que se obtuvo la línea de agua fría, que a partir de la demanda de los muebles sanitarios, en unidades mueble, se recurre al método de Hunter, obteniendo los diámetros de trabajo para la línea RAC.

El método de cálculo para dimensionar la línea RAC, será establecer una tubería de iguales dimensiones a la línea de agua caliente, pero con $2/3$ partes de pérdidas de kilocalorías por metro de tubería. Obtendremos un diámetro, con el que analizaremos la condición de velocidad, considerando ambas tuberías, cuando todas cumplan la condición $0.5 < v < 2$ [m/s], o lo más cercano a ella, haremos una primera iteración con el diámetro obtenido, lo que cambia las pérdidas, pero si estas se mantienen en el rango de la velocidad, serán aceptadas para la línea de retorno, caso contrario, se realizará otra iteración, hasta cumplir la condición $0.5 < v < 2$ [m/s].

Entendido, lo anterior, se procede al trazo de ambas líneas, las cuales se visualizan en la siguiente figura.

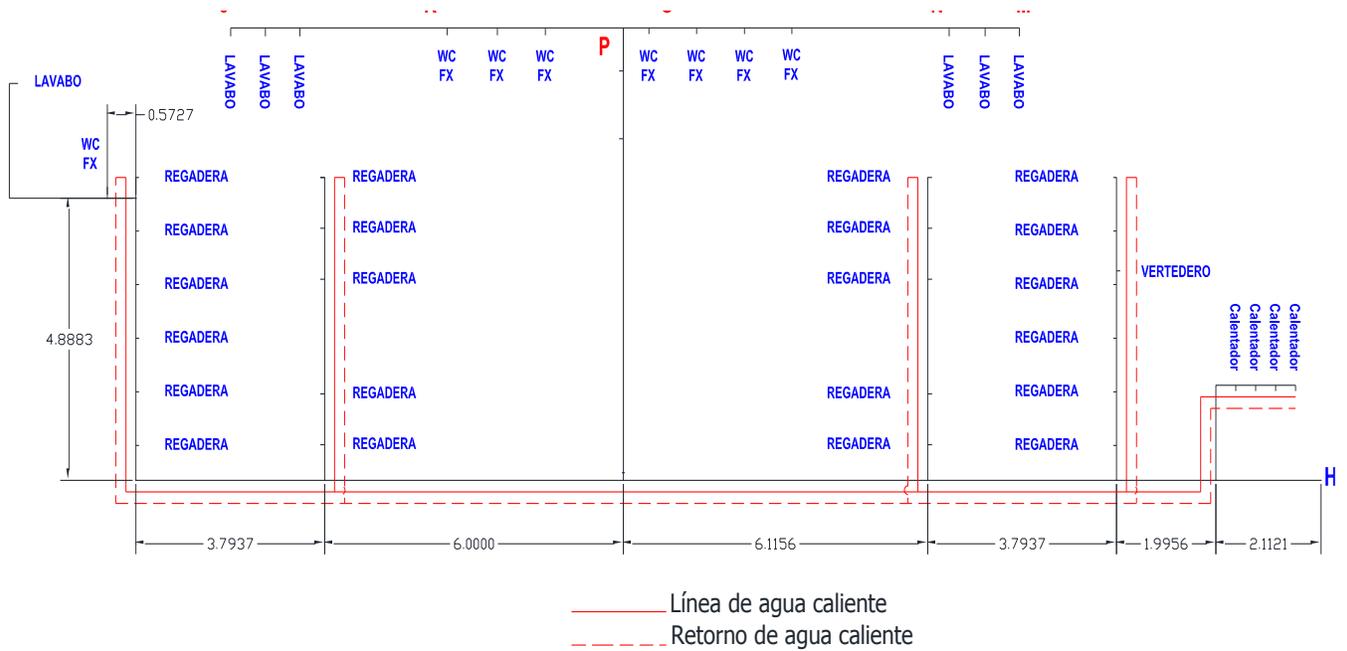


Figura 27. Líneas de agua caliente y de retorno de agua caliente.

Una vez trazada la línea de retorno, hacemos el seccionamiento de los circuitos en que realizaremos el análisis en la hoja de cálculo, dicho seccionamiento, se muestra en la siguiente imagen.

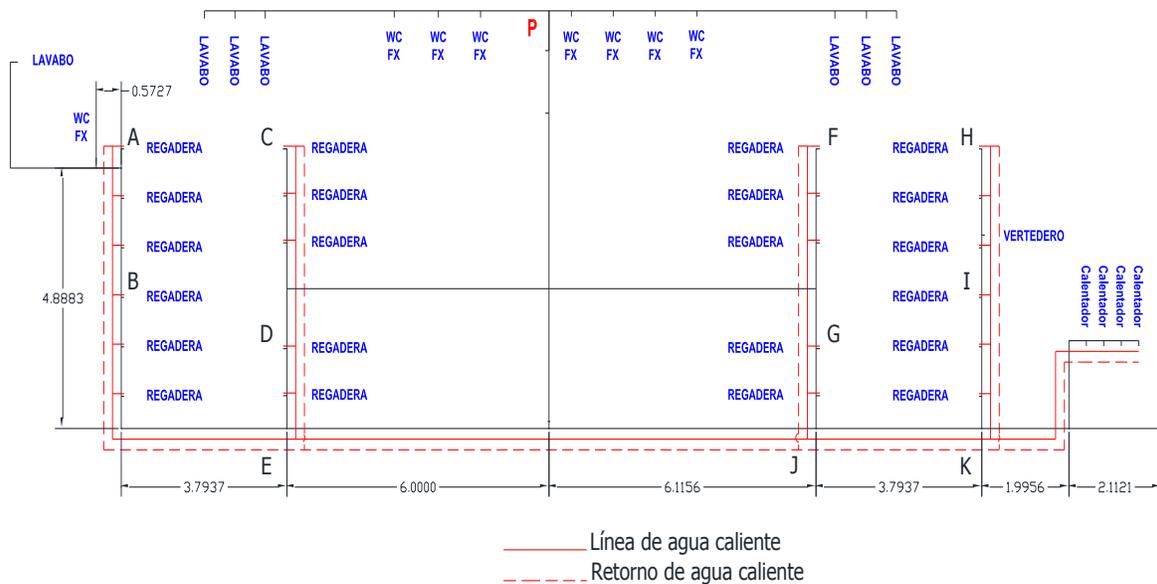


Figura 28. Seccionamiento en líneas de agua caliente y de retorno de agua caliente.

De acuerdo al seccionamiento, y aplicando el método de Hunter, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 15. Gasto máximo instantáneo y diámetros en línea de agua caliente.

| Tramos o derivaciones | Mueble o aparato | | Total de unidades mueble | Q _{mi} (L/s) | Q _{mi} (m ³ /s) | Diámetro | | | Velocidad (m/s) |
|-----------------------|------------------|----------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|---|--------------------|-----------------|
| | Descripción | Cantidad | | | | Teórico (mm) | Interno (mm) | Nominal (pulgadas) | |
| A-B | Regadera privada | 3 | 6.00 | 0.4200 | 0.0004 | 18.8814 | 20.5990 | 3/4 | 1.2603 |
| B-E | Regadera privada | 6 | 12.00 | 0.6300 | 0.0006 | 23.1249 | 20.5990 | 3/4 | 1.8904 |
| C-D | Regadera privada | 3 | 6.00 | 0.4200 | 0.0004 | 18.8814 | 20.5990 | 3/4 | 1.2603 |
| D-E | Regadera privada | 5 | 10.00 | 0.5700 | 0.0006 | 21.9962 | 20.5990 | 3/4 | 1.7104 |
| E-J | Regadera privada | 11 | 22.00 | 0.7500 | 0.0008 | 25.2313 | 26.7970 | 1 | 1.3298 |
| H-I | Regadera privada | 3 | 6.00 | 0.4200 | 0.0004 | 18.8814 | 20.5990 | 3/4 | 1.2603 |
| I-K | Regadera privada | 6 | 12.00 | 0.6300 | 0.0006 | 23.1249 | 20.5990 | 3/4 | 1.8904 |
| F-G | Regadera privada | 3 | 6.00 | 0.4200 | 0.0004 | 18.8814 | 20.5990 | 3/4 | 1.2603 |
| G-J | Regadera privada | 5 | 10.00 | 0.5700 | 0.0006 | 21.9962 | 20.5990 | 3/4 | 1.7104 |
| J-K | Regadera privada | 16 | 32.00 | 1.3100 | 0.0013 | 33.3461 | 32.7910 | 1 1/4 | 1.5512 |
| K-CALENTADORES | Regadera privada | 22 | 44.00 | 1.6300 | 0.0016 | 37.1966 | 32.7910 </td <td>1 1/4</td> <td>1.9301</td> | 1 1/4 | 1.9301 |

Lo siguiente es definir los circuitos de análisis, se muestran en la siguiente imagen.

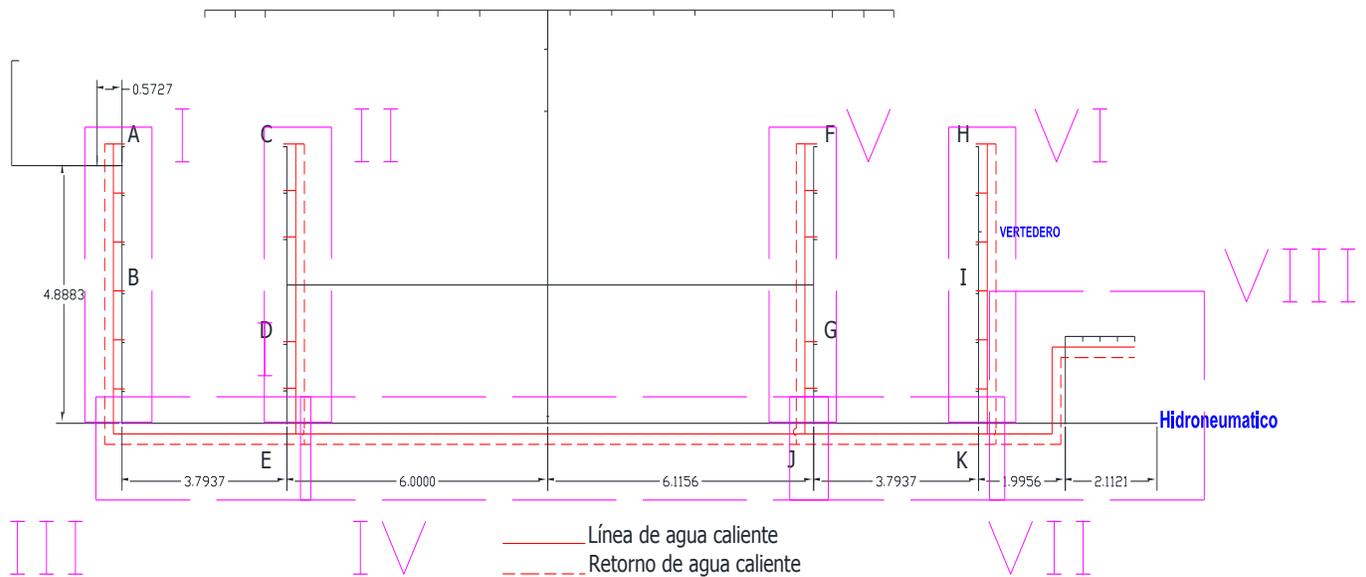


Figura 29. Circuitos de análisis en líneas de agua caliente y retorno de agua caliente.

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE EVACUACIÓN RESIDUAL Y PLUVIAL.

CRITERIOS DE DISEÑO SISTEMA DE EVACUACIÓN RESIDUAL.

La finalidad del sistema de drenaje sanitario es el desalojo rápido y seguro de las aguas residuales de origen sanitario, estas se originan en los núcleos sanitarios localizados en el edificio, los drenajes se llevarán por los ductos previstos, hasta el exterior, en los sanitarios se colocarán ventilaciones a los muebles sanitarios, así como tapones registro en el piso.

Drenaje sanitario.

Para el cálculo de la red de aguas negras se utiliza el método de Hunter de unidades-muebles, la cantidad de unidades asignada a cada mueble, se indica en las NTC para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas, para determinar los diámetros correspondientes a las tuberías de aguas negras, nos apoyamos de normas del IMSS. Las tuberías tendrán una pendiente del 2%.

Dimensionamiento de tramos.

El dimensionamiento de cada uno de los tramos de la red de evacuación de aguas residuales, se utilizarán el método de unidades mueble de descarga, y el acumulado de estas que descarguen a cada ramal, colector o bajada de aguas negras (B.A.N.).

Muebles sanitarios.

En los sanitarios de usuarios, los inodoros y mingitorios serán operados por medio de fluxómetros, los lavabos serán operados por medio de llave economizadora.

CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO.

Los códigos, normas, estándares y manuales a utilizarse en el desarrollo del proyecto, serán los siguientes, según apliquen:

Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas.

Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE)

Reglamento de construcción para el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México, 2017.

Normas Técnicas Complementarias para proyecto arquitectónico.

Normas de diseño de ingeniería electromecánica del Instituto Mexicano del Seguro Social, instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales (ND-01-IMSS-HSE-1997).

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, Operación y Mantenimiento de Redes de Alcantarillado, libro 44, 2007.

UNIDADES.

Las unidades utilizadas en los diferentes cálculos a desarrollar, serán en el sistema internacional y el sistema Ingles, por ser práctica común en el ramo de la construcción en México.

Tabla 18. Sistema de unidades (evacuación residual).

| Concepto | Unidad Sistema Métrico | Unidad Sistema Ingles |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Longitud | m | |
| Área | m ² | |
| Volumen | m ³ | |
| Gasto | m ³ /s | |
| Presión Estática | m.c.a. | |
| Pérdidas hidráulicas | m.c.a. | |
| Temperatura | °C | °F |
| Velocidad | m/s | |
| Diámetro tuberías | mm | Pulgada |
| Potencia de Motor. | watts | HP |

METODOLOGÍA.

La disposición de la red para desalojar el agua residual, contará con un colector, uno que se alimenta de las derivaciones que forman los muebles de acuerdo a su disposición, figura 13. La pendiente del colector, al igual que las derivaciones será del 2%. Al término de su recolección se colocará un registro (albañal), para el cambio brusco de dirección, a partir de allí, inicia la línea que descarga a la red municipal, esta línea contará con una pendiente del 1.5%, y una serie de registros, distanciados a menos de 10 m. Las conexiones de las derivaciones al colector, se realizarán a 45°.

Seccionamiento.

La descarga de los muebles será mediante ramales que conecten cierto número de muebles, de acuerdo a su disposición, dichos ramales, descargarán a un colector principal, y de allí partirán hacia una serie de albañales o registros internos, los cuales dispondrán el agua servida hacia el alcantarillado público, se muestra su disposición en la siguiente figura.

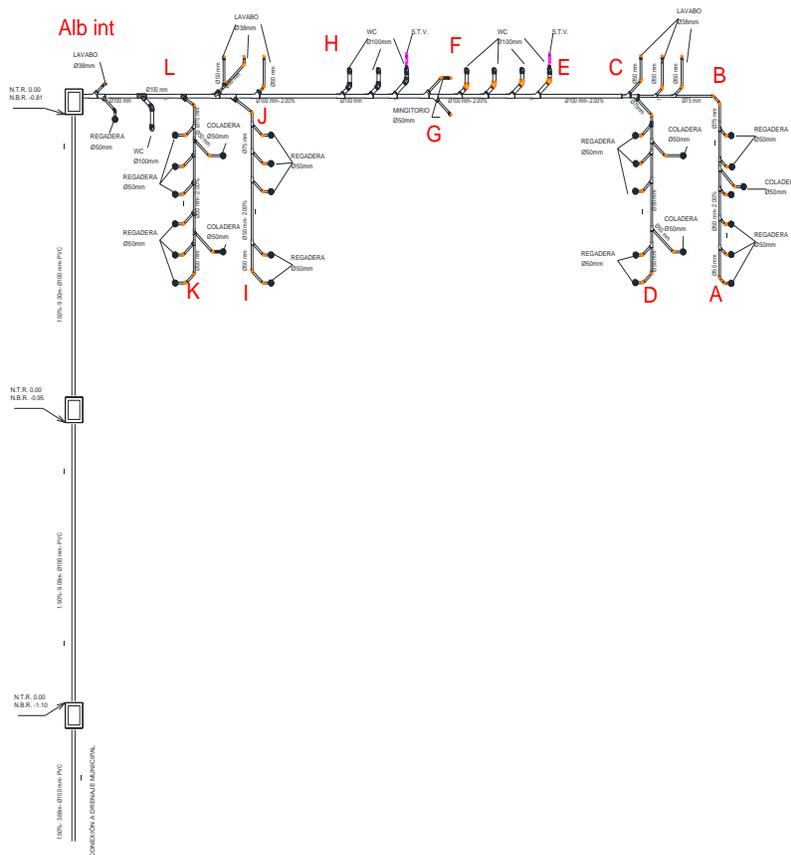


Figura 30. Trazo de la red de evacuación residual.

Colectores y albañales.

El método para el dimensionamiento es el de Hunter, ponderando con unidades muebles un valor de descarga. La valorización de las unidades de descarga utilizadas, son:

Tabla 19. Valorización de unidades mueble de descarga (uso público)

| MUEBLE | U. M. DESCARGA |
|-------------------------|----------------|
| EXCUSADO DE VÁLVUA | 8 |
| LAVABO (DESAGUE GRANDE) | 2 |
| REGADERA | 2 |
| VERTEDERO DE SERVICIO | 3 |
| MINGITORIO DE PARED | 4 |

Por condiciones arquitectónicas, las tuberías de ventilación no se colocarán anillos, se hará uso de 2 columnas de ventilación, colocadas en las derivaciones de los excusados, (Figura 13). El dimensionamiento de estas tuberías, se hará en función de las unidades muebles de descarga, que se conecten a ella, así como el desarrollo de su longitud.

El sistema debe desaguar lo producido por la siguiente relación de muebles sanitarios.

Tabla 20. Muebles sanitarios dispuestos en el diseño.

| MUEBLE | BAÑO HOMBRES | BAÑO MUJERES | USO ESPECIAL | SUBTOTAL |
|------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| Inodoro | 3 | 4 | 1 | 8 |
| Mingitorio | 2 | | | 2 |
| Lavabo | 3 | 3 | 1 | 7 |
| Regaderas | 11 | 11 | 1 | 23 |
| TOTAL | | | | 39 |

De manera breve, para los tramos de análisis, se tomaron las siguientes consideraciones:

- El tramo A-B, considera las seis regaderas izquierdas en el vestidor de mujeres.
- El tramo B-C une la descarga de regaderas y lavabos.
- El tramo C-D, sola totalidad de regaderas más lavabos.
- El tramo D-F, acumulado de regaderas más lavabos y 4 excusados.
- El tramo F-G, acumula lo anterior más 2 mingitorios.
- El tramo G-H, aporta 3 excusados de válvula.
- El tramo I-J, considera solo las regaderas de esa línea, 5 (hombres).
- El tramo K-L, las 6 regaderas restantes en baño de hombres.
- El tramo L-M considera todo lo anterior.
- El último tramo, M-ALB EXT, adiciona la última regadera y lavabo.

Para el cálculo de los diámetros, se recurre a valores de capacidad máxima en U.M. en ramales de albañal y albañales.

Tabla 21. Unidades muebles para dimensionamiento de ramales de albañales.

| 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 |

Tubería de ventilación.

Para las consideraciones en el cálculo de la tubería de ventilación, se tomaron como base la tabla 15, longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación. De acuerdo a

experiencia, se recomienda colocar dos tuberías de ventilación en los ramales de los excusados.

Tabla 22. Longitudes y diámetros de circuitos y anillos de ventilación.

| DIÁMETRO DE TUBERÍA DE DESAGÜE | | UNIDADES DE DESCARGA (máximo) | DIÁMETRO DE LA VENTILACIÓN DEL CIRCUITO DEL ANILLO | | | | | |
|--------------------------------|----------|-------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | 1 ½ | 2 | 2 ½ | 3 | 4 | 5 |
| mm | pulgadas | | 38 | 50 | 64 | 75 | 100 | 125 |
| | | | 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 | | |
| 100 | 4 | 100 | | | 6.10 | 15.80 | 61.00 | |
| 100 | 4 | 200 | | | 5.50 | 15.80 | 55.00 | |
| 100 | 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 |

El primer ramal, el tramo A-B, considera 6 regaderas, sabemos que se propuso un 2% de pendiente, lo único que se hace, es multiplicar las unidades mueble del aparato (regadera = 2 U.M) por la cantidad (6), nos da 12 U.M. De acuerdo a la tabla 14, entramos en 21 U.M, pues no debe ser menor, con lo que tenemos un diámetro de 50 mm, en ese ramal.

Respecto a la ventilación, se propone la colocación en el ramal de excusados, al llegar al primer excusado, tramo D-F, tengo 60 U.M., la tabla 15, e indica solo disponibilidad con diámetros de 64 y 75, pero al ser la distancia horizontal mayor a 4.85 m, se debe elegir el diámetro de 75.

Se sigue el mismo procedimiento para los demás tramos, y la otra tubería de ventilación propuesta, se presenta a continuación la tabla de resultados obtenida, a manera de resumen.

Tabla 23. Diámetros para drenaje y ventilación.

| Cálculo de Diámetros para Red de Drenaje | | | | | Drenaje | | | Ventilación | |
|--|-------------------------|----------|---------------|------------------------|---------|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Tramo | Mueble | Cantidad | Unidad Mueble | Σ Unidad Mueble | Ramal | | | Columna | Anillo |
| | | | | | S | Capacidad máxima en Unidades Mueble | φ (mm) | φ (mm) | φ (mm) |
| COLECTORES | | | | | | | | | |
| A-B | Regadera | 6 | 2 | 12 | 2% | 21 | 70 | | |
| B-C | Regadera | 6 | 2 | 18 | 2% | 21 | 70 | | |
| | Lavabo (desagüe grande) | 3 | 2 | | | | | | |
| C-D | Regadera | 11 | 2 | 28 | 2% | 36 | 80 | | |
| | Lavabo (desagüe grande) | 3 | 2 | | | | | | |
| D-F | Regadera | 11 | 2 | 60 | 2% | 150 | 100 | | 75 |
| | Lavabo (desagüe grande) | 3 | 2 | | | | | | |
| | Excusado de válvula | 4 | 8 | | | | | | |
| F-G | Regadera | 11 | 2 | 68 | 2% | 150 | 100 | | |
| | Lavabo (desagüe grande) | 3 | 2 | | | | | | |
| | Excusado de válvula | 4 | 8 | | | | | | |
| | Mingitorio de pared | 2 | 4 | | | | | | |
| G-H | Regadera | 11 | 2 | 92 | 2% | 150 | 100 | | 75 |
| | Lavabo (desagüe grande) | 3 | 2 | | | | | | |
| | Excusado de válvula | 7 | 8 | | | | | | |
| | Mingitorio de pared | 2 | 4 | | | | | | |
| I-J | Regadera | 5 | 2 | 10 | 2% | 21 | 70 | | |
| K-L | Regadera | 6 | 2 | 12 | 2% | 21 | 100 | | |
| L-M | Regadera | 22 | 2 | 120 | 2% | 150 | 100 | | |
| | Lavabo (desagüe grande) | 6 | 2 | | | | | | |
| | Excusado de válvula | 7 | 8 | | | | | | |
| | Mingitorio de pared | 2 | 4 | | | | | | |
| M-ALBAÑAL | Regadera | 23 | 2 | 132 | 2% | 150 | 100 | | |
| | Lavabo (desagüe grande) | 7 | 2 | | | | | | |
| | Excusado de válvula | 8 | 8 | | | | | | |
| | Mingitorio de pared | 2 | 4 | | | | | | |

CRITERIOS DE DISEÑO SISTEMA DE EVACUACIÓN PLUVIAL.

La instalación para evacuación pluvial se diseñará de acuerdo a normas de diseño de ingeniería electromecánica del IMSS, basándose en la captación generada en la azotea del gimnasio. El sistema constará de un sistema de coladeras en la losa de azotea que conectarán a las bajadas de aguas pluviales (B.A.P.), de Policloruro de Vinilo (PVC). Para no tener rellenos muy grandes, la distancia entre coladeras y los parteaguas no será mayor a 15m. La B.A.P. descargará en un registro a nivel del piso, de donde se conectará al colector municipal.

El caudal pluvial se determinó con el método Racional Americano. La intensidad de lluvia se obtuvo de la estación climatológica más cercana al sitio, de donde obtenemos el máximo histórico.

Para el diseño de la instalación de agua pluvial, la instalación de aguas pluviales, la intensidad de precipitación se tomará con un periodo de retorno mínimo de 10 años y una duración de tormenta de 10 minutos. Para fines prácticos el tiempo de concentración, podrá considerarse igual a la duración de la tormenta.

CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO.

Los códigos, normas, estándares y manuales a utilizarse en el desarrollo del proyecto, serán los siguientes, según apliquen:

Normas Técnicas Complementarias para el diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas.

Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE)

Reglamento de construcción para el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México, 2017.

Normas Técnicas Complementarias para proyecto arquitectónico.

Normas de diseño de ingeniería electromecánica del Instituto Mexicano del Seguro Social, instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales (ND-01-IMSS-HSE-1997).

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de la Comisión Nacional del Agua, Drenaje pluvial urbano, libro 19, 2007.

UNIDADES.

Las unidades utilizadas en los diferentes cálculos a desarrollar, serán en el sistema internacional y el sistema Ingles, por ser práctica común en el ramo de la construcción en México.

Tabla 24. Sistema de unidades (evacuación pluvial).

| Concepto | Unidad Sistema Métrico | Unidad Sistema Ingles |
|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Longitud | m | |
| Área | m ² | |
| Volumen | m ³ | |
| Gasto | m ³ /s | |
| Presión Estática | m.c.a. | |
| Pérdidas hidráulicas | m.c.a. | |
| Temperatura | °C | °F |
| Velocidad | m/s | |
| Diámetro tuberías | mm | Pulgada |
| Potencia de Motor. | watts | HP |

METODOLOGÍA.

La instalación para evacuar el agua pluvial, se conforma de coladeras, tuberías verticales (B.A.P.), colectores horizontales y registros de mampostería. Su destino, será a la red municipal. Para ello el inmueble cuenta con una serie de espacios destinados a la bajada de instalaciones. La captación en la azotea se realizará mediante coladeras conectadas a las bajadas de captación de agua pluvial (B.C.A.P.), se proponen en total 9. Cada una descargará en un registro, interconectándose con colectores horizontales, que funcionarán a gravedad. Ver figura 31.

Las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas, en su apartado 1.2.3 Sistemas de alcantarillado pluvial, indica que, para el cálculo del gasto pluvial de diseño se hará mediante el método de la fórmula racional.

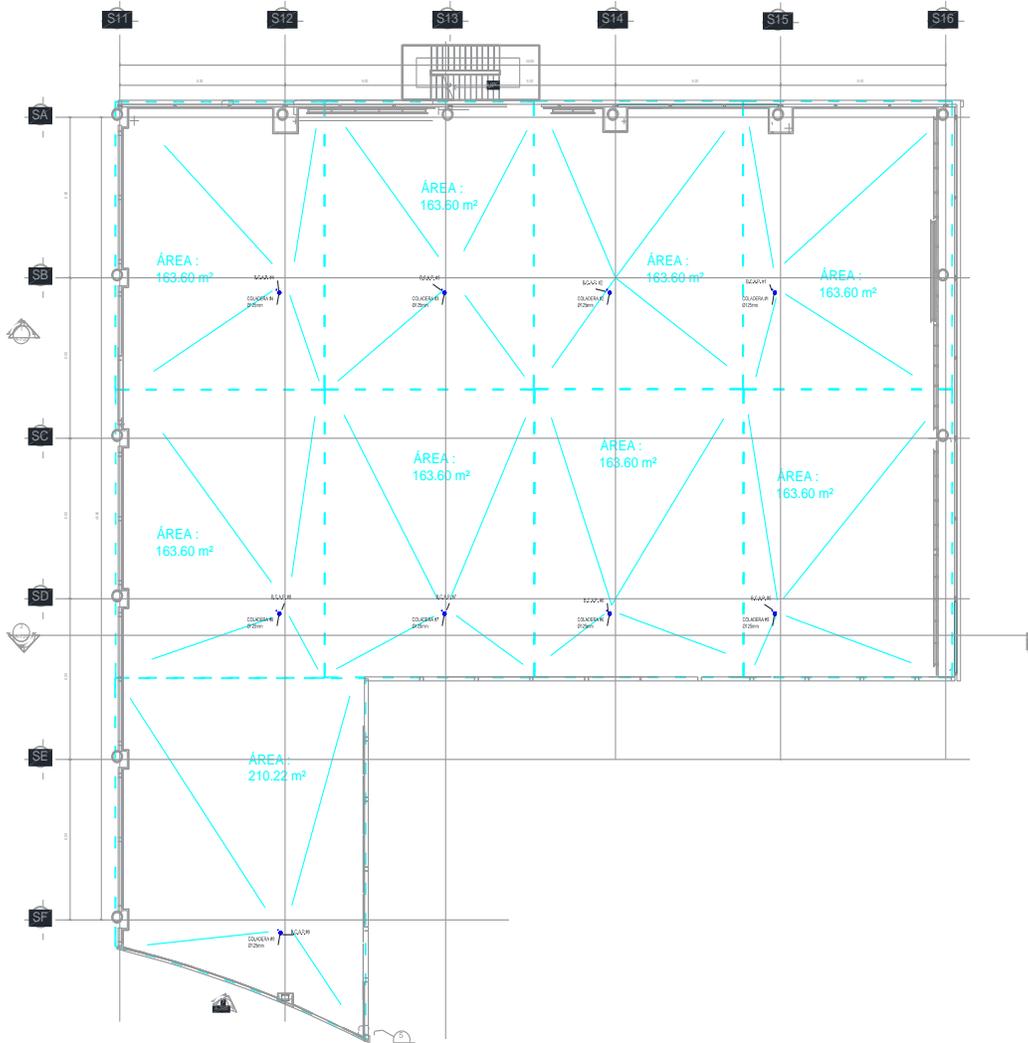


Figura 31. Disposición y Áreas para las B.C.A.P.

Estación climatológica CONAGUA Tuxtla Gutiérrez (OBS), 7165.

| | |
|--------------------------------|------------------|
| Coordenadas grados decimales. | |
| Latitud (→x) | 16.75 |
| Longitud (↑y) | -93.133 |
| Coordenadas grados-minutos. | |
| Latitud (→x) | 16° 45' 00" N |
| Longitud (↑y) | 93° 07' 59.88" W |
| Coordenadas estándar UTM | |
| Zona=15 | Hemisferio=N |
| Este | 485,792.4 |
| Norte | 1,851,903.9 |

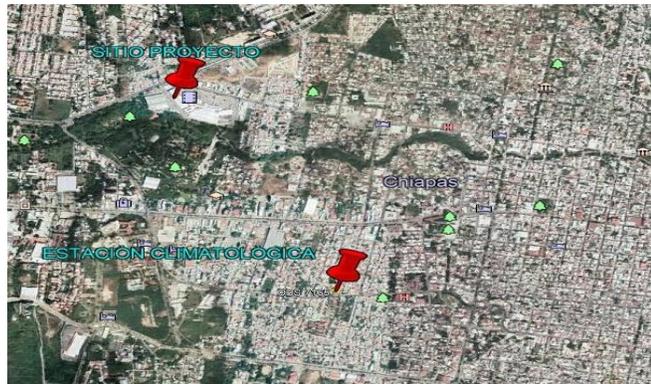


Figura 32. Georreferencia estación climatológica CONAGUA. Google Maps®

Tabla 25. Histórico de precipitaciones mensuales, estación OBS 7165, Tuxtla Gutiérrez (1 de 2).

| SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|----------|---------|------|----------|---------------|-------|-----------|-----------------|------|------|---------|----------|-----------|
| NORMALES CLIMATOLÓGICAS | | | | | | | | | | | | | |
| ESTADO DE: | CHIAPAS | | | | | | | | | | | PERIODO: | 1942-2010 |
| ESTACION: | OBS 7165 | TXT GTZ | | LATITUD: | 16° 45' 00" N | | LONGITUD: | 93° 07' 59.8" W | | | ALTURA: | 552.00 | MSNM. |
| ELEMENTOS | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC | HP máx |
| LLUVIA MÁXIMA 24 HORAS | | | | | | | | | | | | | |
| 1942 | 0 | 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 1943 | 0 | 0 | 5.2 | 0 | 48 | 27.4 | 36 | 46.7 | 51.2 | 20.5 | 0.5 | 0 | 51.2 |
| 1944 | 0 | 0 | 0 | 2 | 13.6 | 87 | 76.5 | 0 | 0 | 5.2 | 0 | 0 | 87 |
| 1945 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25.8 | 54.7 | 10 | 37.4 | 30.9 | 0 | 0 | 158.8 | 158.8 |
| 1946 | 0 | 0 | 0 | 0.4 | 9 | 35.9 | 0 | 24.3 | 40.4 | 62.7 | 0.9 | 0 | 62.7 |
| 1947 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 33.7 | 23.5 | 25.1 | 27.6 | 50 | 36.9 | 0 | 0 | 50 |
| 1948 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5.7 | 57.6 | 40.2 | 22.8 | 48.5 | 15.7 | 0.5 | 0 | 57.6 |
| 1949 | 0 | 0 | 7.8 | 0 | 41.2 | 27.1 | 37.3 | 38.1 | 39.5 | 0 | 7 | 198 | 198 |
| 1950 | 4.1 | 5.5 | 10.5 | 34.6 | 40 | 0 | 0 | 94.7 | 13.5 | 7 | | | 94.7 |
| 1951 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 69 | 54.7 | 47 | 67 | 5 | 0 | 267.7 | 267.7 |
| 1952 | 0 | 0 | 73 | 12.2 | 171 | 0 | 22 | 46 | 66.7 | 12.3 | 0 | 0 | 171 |
| 1953 | 0 | 0 | 0 | 37.6 | 0 | 34.8 | 45.9 | 35.6 | 33.5 | 0 | 0 | 187.4 | 187.4 |
| 1954 | 0 | 29 | 0 | 5 | 30.7 | 40.2 | 0 | 50 | 95 | 52.9 | 0 | 0 | 95 |
| 1955 | 0 | 1.3 | 43.1 | 88 | 62 | 194.4 | 38.9 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 194.4 |
| 1956 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| 1961 | 4.5 | 5 | 12 | 32.5 | 0 | 41 | 52 | 20 | 19 | 0 | 186 | 18.6 | 186 |
| 1962 | 0 | 0 | 0 | 17 | 19 | 52 | 49.5 | 24 | 78 | 20 | 0 | 0 | 78 |
| 1963 | 0 | 11 | 3.5 | 0 | 8 | 23 | 25 | 11 | 74 | 0 | 61 | 0 | 74 |
| 1964 | 0 | 0 | 2 | 0 | 23 | 32 | 52 | 28 | 31.5 | 10 | 30 | 0 | 52 |
| 1965 | 3.5 | 6 | 0 | 0 | 34 | 52 | 15.5 | 103 | 28 | 63 | 12 | 0 | 103 |
| 1966 | 0 | 0 | 0 | 30 | 70 | 53 | 36 | 60 | 80 | 21 | 0 | 0 | 80 |
| 1967 | 0 | 0 | 73 | 20 | 19 | 32 | 18 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 |
| 1968 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 31 | 46 | 26 | 63 | 80 | 0 | 0 | 80 |
| 1969 | 0 | 0 | 0 | 20 | 20 | 31 | 71 | 79 | 22 | 22 | 0 | 0 | 79 |
| 1970 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 36 |
| 1971 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 65 | 0 | 63 | 54 | 66 | 12 | 3 | 66 |
| 1972 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 21 | 0 | 35 | 45 | 0 | 12 | 0 | 45 |
| 1973 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 | 63 |
| 1980 | 4.5 | 0 | 0 | 21.2 | 46.2 | 45 | 49.6 | 24 | 37.5 | 6 | 0 | 0 | 49.6 |
| 1981 | 0 | 0 | 0.3 | 12.3 | 54.3 | 46.9 | 59 | 29.8 | 2.9 | 0.6 | 0 | 0 | 59 |
| 1982 | 0 | 0 | 0 | 3.3 | 11.8 | 19.3 | 10.6 | 12.5 | 7.4 | 7.4 | 10 | 3.8 | 19.3 |
| 1983 | 0 | 2.4 | 3 | 0 | 5.9 | 16.9 | 12 | 23.9 | 8.3 | 14.3 | 1.2 | 0 | 23.9 |
| 1984 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 5.8 | 19.1 | 16 | 6.5 | 17.9 | 19.7 | 0 | 0.2 | 19.7 |
| 1985 | 0 | 0 | 1.2 | 3 | 0.6 | 10.1 | 8.6 | 6.2 | 6.5 | 3 | 2.4 | 0.2 | 10.1 |
| 1986 | 0.4 | 0 | 0 | 0 | 10.6 | 27.3 | 5.3 | 10.7 | 24 | 2.3 | 0.7 | 0.3 | 27.3 |
| 1987 | 0 | 0 | 0.4 | 0.3 | 1.7 | 9.7 | 27.6 | 17.2 | 6.8 | 0.6 | 0.1 | 0 | 27.6 |
| 1988 | 0.2 | 0.1 | 0 | 0 | 1 | 11 | 8.4 | 10.7 | 7 | 8.6 | 0.1 | 0.2 | 11 |
| 1989 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 12.8 | 7.8 | 4 | 13.2 | 7.4 | 0.2 | 0 | 0.1 | 13.2 |
| 1990 | 0.4 | 0 | 0 | 7 | 9 | 11.2 | 18.9 | 3.7 | 5.6 | 3 | 2 | 1.6 | 18.9 |

Tabla 26. Histórico de precipitaciones mensuales, estación OBS 7165, Tuxtla Gutiérrez (2 de 2).

| | | | | | | | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 1991 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.8 | 14.2 | 6.7 | 4.3 | 11.8 | 12.1 | 0 | 0 | 14.2 |
| 1992 | 0.3 | 0 | 0 | 1.2 | 3.1 | 16.4 | 21.7 | 14.3 | 5.9 | 1.1 | 5 | 1.2 | 21.7 |
| 1993 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.1 | 13.4 | 10.4 | 24.5 | 19.7 | 2.9 | 0 | 0 | 24.5 |
| 1994 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 10.1 | 9.2 | 12.2 | 23.5 | 8.6 | 6.6 | 0.2 | 0 | 23.5 |
| 1995 | 0 | 0 | 0 | 5.7 | 14 | 12.5 | 3.8 | 19.6 | 4.3 | 40.1 | 0 | 0.4 | 40.1 |
| 1996 | 0 | 0 | 0 | 10.4 | 7 | 12.2 | 6.4 | 10.4 | 10.7 | 5.9 | 1.2 | 0 | 12.2 |
| 1997 | 0.1 | 0.7 | 8.2 | 3.2 | 14.1 | 8.5 | 6.2 | 10.8 | 8.7 | 5.3 | 3.6 | 1.6 | 14.1 |
| 1998 | 0 | 0.1 | 0 | 0 | 2.6 | 9.9 | 13.2 | 6.5 | 17.4 | 4.6 | 2 | 0 | 17.4 |
| 1999 | 0.4 | 0 | 0 | 0 | 25.7 | 37.7 | 39.6 | 54.1 | 45.6 | 38.9 | 3.6 | 13.6 | 54.1 |
| 2000 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 15 | 11.1 | 8 | 13.1 | 5 | 3.7 | 0 | 0.2 | 15 |
| 2001 | 0 | 0.7 | 0 | 0.6 | 81.5 | 85.8 | 53 | 39.8 | 46.8 | 36 | 0.1 | 2.4 | 85.8 |
| 2002 | 0 | 0.4 | 2.7 | 0 | 8.8 | 11.1 | 42.8 | 48.1 | 42 | 55.4 | 24.7 | 4.3 | 55.4 |
| 2003 | 0 | 0 | 1.2 | 0 | 28.7 | 38 | 46.5 | 35.4 | 55.5 | 27.6 | 18.5 | 0 | 55.5 |
| 2004 | 3.3 | 0 | 0 | 0 | 44.3 | 42.6 | 31.2 | 28.2 | 92.3 | 30.6 | 0 | 0 | 92.3 |
| 2005 | 0 | 0 | 3.4 | 0 | 25.1 | 30 | 42.5 | 50 | 23.9 | 48.8 | 0.8 | 0.1 | 50 |
| 2006 | 2.1 | 0 | 0 | 6.6 | 49.3 | 29.7 | 47.7 | 52.5 | 63 | 57.8 | 4.1 | 0 | 63 |
| 2007 | 0.1 | 0 | 5.7 | 0 | 19.1 | 34 | 47.5 | 53.3 | 78 | 43.3 | 0 | 2.4 | 78 |
| 2008 | 0.2 | 0.3 | 0 | 6.3 | 64.5 | 26.6 | 71.1 | 48.8 | 18.7 | 4.8 | 0.7 | 1.1 | 71.1 |
| 2009 | 0 | 0 | 2.2 | 12.9 | 29.5 | 38.5 | 34.9 | 35.2 | 58 | 32.2 | 6.4 | 7.9 | 58 |
| 2010 | 0.7 | 1 | 0.3 | 24.2 | 8.7 | 104.7 | 84.5 | | | | | | 104.7 |

Fuente: <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Estadistica/7165.pdf>

El análisis para obtener la altura de precipitación de diseño, se resume en:

- De los datos obtenidos en las tablas anteriores, tomamos la altura de precipitación máxima anual.
- Afectamos los valores con un factor de corrección por intervalo fijo de observación, que es de un 13%.
- Se proyectaran las intensidades de lluvia a diversas funciones de probabilidad.

Los errores cuadráticos de las funciones de probabilidad empleados, son.

Tabla 27. Errores cuadráticos para las funciones de probabilidad empleadas.

| Distribución | Error |
|--------------|--------|
| Exponencial | 665.17 |
| Gamma 2p | 99.07 |
| Gumbel1p | 116.96 |
| Gumbel 2p | 146.53 |
| LogNormal | 841.09 |
| Nash | 112.27 |
| Normal | 172.75 |
| Pearson III | 407.30 |

El método que presenta menor error es Gamma de dos parámetros, por lo que se empleará, para el cálculo de la máxima precipitación esperada en 24 hrs.

Tabla 27. Altura de precipitación máxima esperada en 24 horas, bajo método Gamma 2P.

| DISTRIBUCION GAMMA 2P | | | | |
|-----------------------|------|------|------|-------------------|
| T (años) | F(Q) | W | z | Hp máx. 24 horas. |
| 2.00 | 0.50 | 1.18 | 0.00 | 58.82 |
| 5.00 | 0.80 | 1.79 | 0.84 | 116.50 |
| 10.00 | 0.90 | 2.15 | 1.28 | 157.86 |
| 20.00 | 0.95 | 2.45 | 1.65 | 198.60 |
| 25.00 | 0.96 | 2.54 | 1.75 | 211.66 |
| 50.00 | 0.98 | 2.80 | 2.05 | 252.19 |
| 100.00 | 0.99 | 3.03 | 2.33 | 292.79 |
| 500.00 | 1.00 | 3.53 | 2.88 | 387.85 |
| 1000.00 | 1.00 | 3.72 | 3.09 | 429.24 |
| 5000.00 | 1.00 | 4.13 | 3.54 | 526.57 |

La intensidad de lluvia para diferentes duraciones y frecuencias, se obtiene de acuerdo con la fórmula de Chen (fórmula 9), la cual caracteriza el comportamiento de la lluvia de acuerdo con las precipitaciones acumuladas en 1 y 24 horas para un periodo de retorno de 10 y 100 años. Para utilizar la expresión, la duración se introduce en minutos, el periodo de retorno en años y el resultado de la intensidad es mm/h.

$$P_t^T = \frac{a \cdot P_{24}^T \cdot R}{(t+b)^c} \left(\frac{t}{60} \right) \text{ --- (9)}$$

$$x = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}} \text{ --- (10)}$$

$$\begin{aligned}
 a &= 21.03453 - 186.4683R + 825.4915R^2 - 1084.846R^3 + 524.06R^4 \\
 b &= 3.487775 - 68.13976R + 389.4625R^2 - 612.4041R^3 + 315.8721R^4 \\
 c &= 0.2677553 + 0.9481759R + 2.1094R^2 - 4.827R^3 + 2.4596R^4
 \end{aligned}$$

x = factor de la relación precipitación-frecuencia

Dado que las estaciones climatológicas se tiene lluvia acumulada en 24 hr, dicho valor se obtiene a partir del factor de convectividad (R), el cual para la ubicación de la cuenca adopta un valor igual o mayor a 0.55 (MAPAS 19, Conagua).

En la siguiente la Tabla, se incluyen los resultados de intensidades según las duraciones y periodos de retorno al aplicar la fórmula de Chen.

Tabla 27. Análisis de intensidad, duración y tiempo de retorno

| Duración | | | | | | | | | |
|----------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Minutos | 10 | 20 | 30 | 60 | 120 | 150 | 180 | 240 | 1440 |
| Horas | 0.17 | 0.33 | 0.5 | 1 | 2 | 2.5 | 3 | 4 | 24 |
| Tr | Intensidad de precipitación (mm/h) | | | | | | | | |
| 2 | 211.13 | 151.31 | 119.09 | 74.37 | 43.96 | 36.83 | 31.80 | 25.15 | 5.57 |
| 5 | 284.32 | 203.77 | 160.37 | 100.15 | 59.21 | 49.60 | 42.83 | 33.87 | 7.50 |
| 10 | 332.79 | 238.50 | 187.71 | 117.22 | 69.30 | 58.05 | 50.13 | 39.65 | 8.78 |
| 20 | 379.27 | 271.81 | 213.93 | 133.60 | 78.98 | 66.16 | 57.13 | 45.19 | 10.01 |
| 25 | 394.02 | 282.38 | 222.25 | 138.79 | 82.05 | 68.73 | 59.35 | 46.94 | 10.40 |
| 50 | 439.45 | 314.94 | 247.87 | 154.79 | 91.51 | 76.66 | 66.20 | 52.35 | 11.60 |
| 100 | 484.54 | 347.25 | 273.31 | 170.68 | 100.90 | 84.53 | 72.99 | 57.73 | 12.79 |
| 500 | 588.74 | 421.93 | 332.08 | 207.38 | 122.59 | 102.70 | 88.69 | 70.14 | 15.54 |
| 1000 | 633.53 | 454.03 | 357.35 | 223.16 | 131.92 | 110.52 | 95.43 | 75.48 | 16.72 |
| 5000 | 737.50 | 528.54 | 415.99 | 259.78 | 153.57 | 128.65 | 111.10 | 87.86 | 19.46 |

Para diámetros de columnas, se toman como referencia las áreas de captación de tuberías para B.A.P. (tabla 28), estos valores están en función de una $i = 100$ mm/hr. Si tenemos una mayor intensidad de precipitación (nuestro caso), se aplica un factor de seguridad, que considera una mayor área de captación, lo que nos obliga a aumentar el diámetro de trabajo.

Tabla 28. Diámetros de columnas para B.A.P.

| Área de recolección m ² | Diámetro de columna (mm) |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| 8 | 40 |
| 25 | 50 |
| 75 | 70 |
| 170 | 80 |
| 335 | 100 |
| 500 | 125 |
| 1000 | 150 |
| 2000 | 200 |

En el caso de los colectores, recurrimos a la siguiente tabla.

Tabla 29. Diámetros en derivaciones de aguas pluviales

| Superficie máxima de recolección m ² | | | Diámetro del colector (mm) |
|---|-------|-------|----------------------------|
| Pendiente | | | |
| 1% | 2% | 4% | |
| 8 | 12 | 17 | 32 |
| 13 | 20 | 27 | 38 |
| 28 | 41 | 58 | 50 |
| 50 | 74 | 102 | 64 |
| 80 | 116 | 163 | 75 |
| 173 | 246 | 352 | 100 |
| 307 | 437 | 618 | 125 |
| 488 | 697 | 995 | 150 |
| 1023 | 1488 | 2065 | 200 |
| 1814 | 2557 | 3720 | 250 |
| 3022 | 4231 | 6090 | 300 |
| 6509 | 8674 | 13082 | 330 |
| 11623 | 15655 | 23007 | 375 |
| 18888 | 26091 | 36540 | 430 |
| 40681 | 53487 | 78493 | 475 |

En nuestro caso contamos con $i = 33.3 \text{ cm/hr.}$, aplicando el criterio tenemos que

$$FS = \frac{33.3 \text{ cm/hr}}{10 \text{ cm/hr}} = 3.33$$

Es decir, las áreas de captación se consideraran un 333% mayor a las dimensiones reales.

8.1. Caudal de diseño.

El cálculo del gasto pluvial de diseño, se hará mediante el método de la fórmula racional, enunciada de la siguiente manera.

$$Q_p = 2.778 \cdot C \cdot I \cdot A \text{ --- (10)}$$

Donde

Q_p = gasto de pico en m³/s

C = coeficiente de escurrimiento, (0.9)

I = Intensidad de lluvia, mm/hr. (332.79 mm/hr)

A = área drenada o área de la cuenca en Ha, depende del elemento correspondiente.

Aplicamos la expresión anterior a cada área de captación asignado a cada bajante considerada en el diseño. La información se resume en las siguientes tablas.

Tabla 30. Diámetros para B.C.A.P.

| Número de área de captación | Área de captación | Intensidad de precipitación | Corrección del área de captación | Superficie de recolección para derivaciones (colectores) | Diámetro de la derivación (colector) | Superficie de recolección para columnas (bajantes) | Diámetro de Columna |
|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|--|---------------------|
| | m ² | mm/h | m ² | m ² | mm | mm | mm |
| B.C.A.P.#1 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#2 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#3 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#4 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#5 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#6 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#7 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#8 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 | 1000 | 150 |
| B.C.A.P.#9 | 210.22 | 332.7900 | 699.591138 | 1488 | 200 | 2000 | 200 |

Tabla 31. Diámetros colectores pluviales.

| Tramo | Tramo acumulado | Área de captación | Área de captación acumulado | Intensidad de precipitación | Corrección del área de captación | Superficie de recolección para derivaciones (colectores) | Diámetro de la derivación (colector) |
|-------|------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--|--------------------------------------|
| | | m ² | | mm/h | | | |
| T1 | B.C.A.P.#1 | 163.6 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 |
| T2 | T1+B.C.A.P.#2 | 163.6 | 327.2 | 332.7900 | 1088.88888 | 1488 | 200 |
| T3 | T2+B.C.A.P.#3 | 163.6 | 490.8 | 332.7900 | 1633.33332 | 2557 | 250 |
| T4 | T3+B.C.A.P.#4 | 163.6 | 654.4 | 332.7900 | 2177.77776 | 2557 | 250 |
| T5 | B.C.A.P.#5 | 163.6 | 163.6 | 332.7900 | 544.44444 | 697 | 150 |
| T6 | T5+B.C.A.P.#6 | 163.6 | 327.2 | 332.7900 | 1088.88888 | 1488 | 200 |
| T7 | T6+B.C.A.P.#7 | 163.6 | 490.8 | 332.7900 | 1633.33332 | 2557 | 250 |
| T8 | T7+B.C.A.P.#8+T4 | 163.6 | 1308.8 | 332.7900 | 4355.55552 | 8673.55 | 330 |

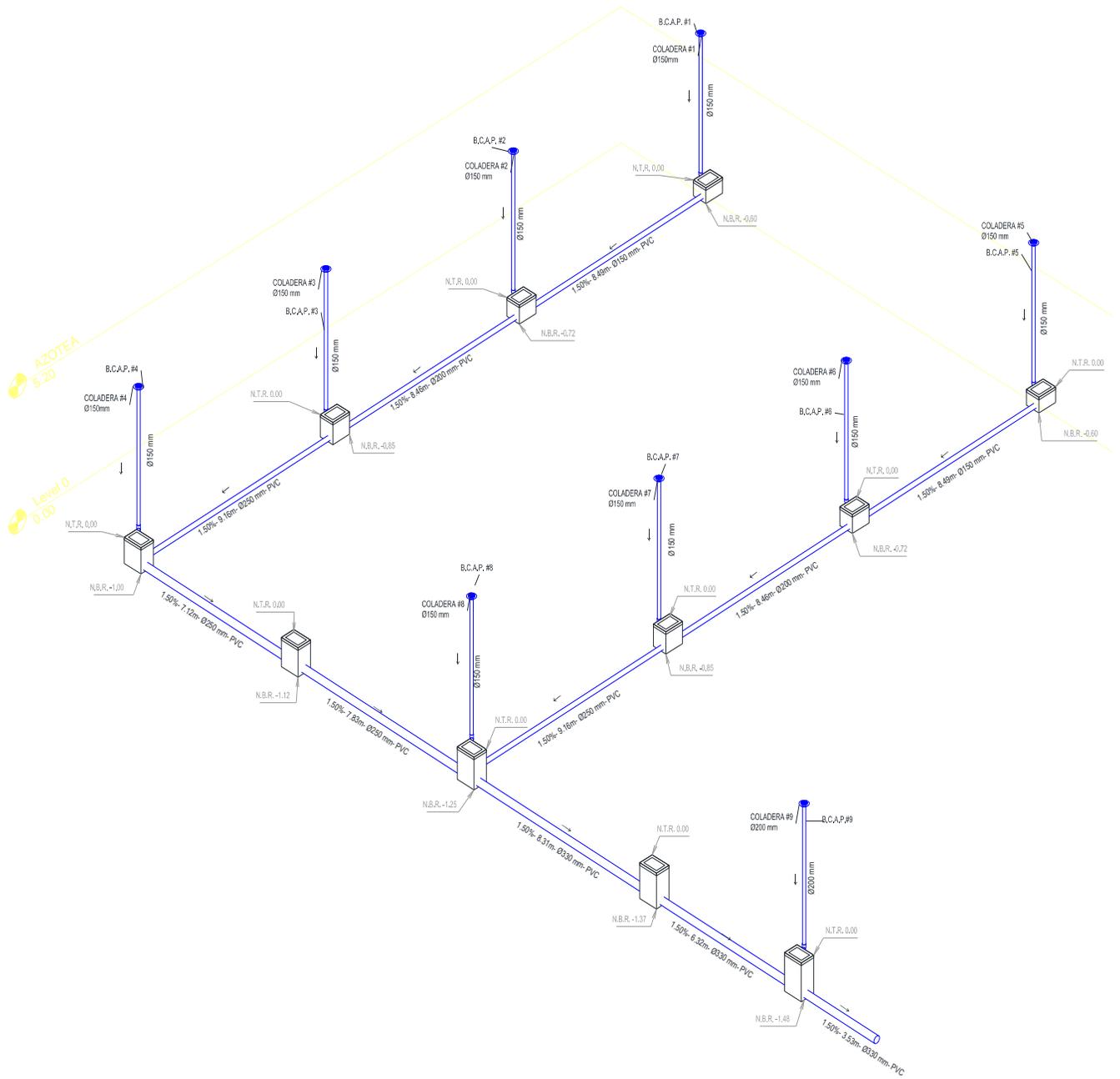


Figura 33. Diámetros de los elementos hidráulicos para las B.C.A.P.

CAPÍTULO 4: DISEÑO DE LA INSTALACIÓN PARA APROVECHAMIENTO DE GAS L.P.

CRITERIOS DE DISEÑO.

La red para aprovechamiento de gas L.P. será diseñada en función del gasto y presión, con lo que dimensionaremos los ductos de conducción. Se conformará de un tanque estacionario y tres redes de tuberías principales, una tubería de llenado al tanque estacionario, una tubería en régimen de alta presión regulada y una red de tuberías en régimen de baja presión regulada.

La tubería de llenado se originará en la toma del tanque ubicado en la azotea, será de cobre tipo "K" y con trayectoria aparente.

La línea en régimen de alta presión regulada será aparente por la azotea, iniciará pasando el regulador de primera etapa ubicado a la salida del tanque estacionario, este regulador controla las variaciones de presión que sufre el gas a lo largo del día en el interior del tanque estacionario, después del regulador se colocará una válvula de globo para el cierre general de la alimentación antes de ingresar al ducto que conecta al plafón, se colocará otro regulador, allí termina la red de alta presión regulada.

La línea en régimen de baja presión regulada, comienza en el segundo regulador e inmediatamente después se colocará una válvula de globo, esta red alimentará a los calentadores, será de cobre, su trazo será por plafón, la conexión a los calentadores será hará por medio de una tubería de cobre flexible.

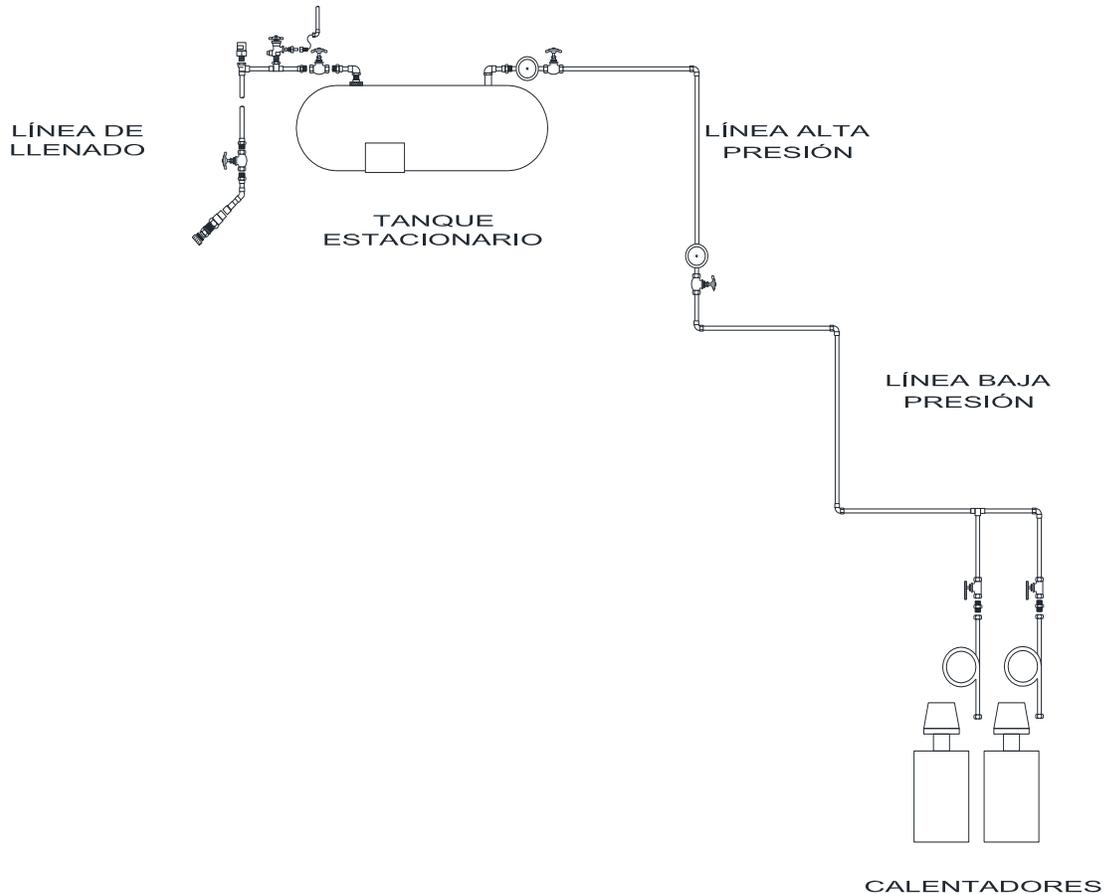


Figura 34. Diagrama general red gas L.P.

En cuanto a las pérdidas, a medida que el gas pasa a través de toda la red de ductos, estas no deben sobrepasar el 5% en régimen de baja presión ni el 10% en régimen de alta presión regulada. Se verificará el cumplimiento de esta condición con la fórmula del Dr. Pole.

El diseño de la instalación de aprovechamiento de gas L.P. considera los siguientes criterios de diseño:

- La red de la línea de llenado será de cobre rígido tipo "K" de $\frac{3}{4}$ " , ya que son las medidas que tienen los autotanques que suministran el gas L.P.
- El tanque estacionario debe ubicarse en la azotea a la intemperie, sobre una base plana nivelada de concreto.

- La capacidad del tanque considerara una holgura, para reducir los periodos de llenado.
- Las tuberías de la red se dimensionarán considerando el total consumo de gas demandado por los aparatos que alimente.
- Para el cálculo de la caída de presión en las tuberías de servicio de baja presión regulada, se usará la fórmula del Dr. Pole.
- En régimen de baja presión regulada, la máxima caída de presión porcentual permisible entre el regulador de baja presión y los aparatos de consumo será 5%.
- Para el régimen de alta presión regulada, se hará uso de la fórmula propuesta en la NOM-004-SEDG-2004.
- Para régimen de alta presión regulada, la máxima caída de presión porcentual permisible será del 10%.
- La trayectoria de las tuberías será aparente.
- Las tuberías deberán quedar 10 cm separadas como mínimo de conductores eléctricos cuya tensión será igual o menor a 127 V. Si son mayores a 127 V y están contenidos en canalizaciones o duetos, la separación mínima será de 20 cm.
- No se permitirá ningún doblez en las tuberías rígidas.
- En los aparatos susceptibles de vibración, se debe usar rizados o manguera de cobre flexible, la longitud no debe exceder 1.50 m.
- El cambio de régimen de alta a baja presión se hará mediante un regulador de segunda etapa.
- Colocar una válvula de cierre de operación manual antes de cada aparato de consumo.
- El poder calorífico considerado para gas L.P. es de 23234 kcal/m³.
- Se tiene contemplado un horario de servicio de lunes a domingo, con horarios:

| | |
|-----------------|----------------------|
| Lunes a viernes | 06:00 – 23:00 horas. |
| Sábado | 06:00 – 18:00 horas. |
| Domingo | 06:00 – 16:00 horas. |

De acuerdo a estimaciones, se prevé un flujo de asistencia con las siguientes características:

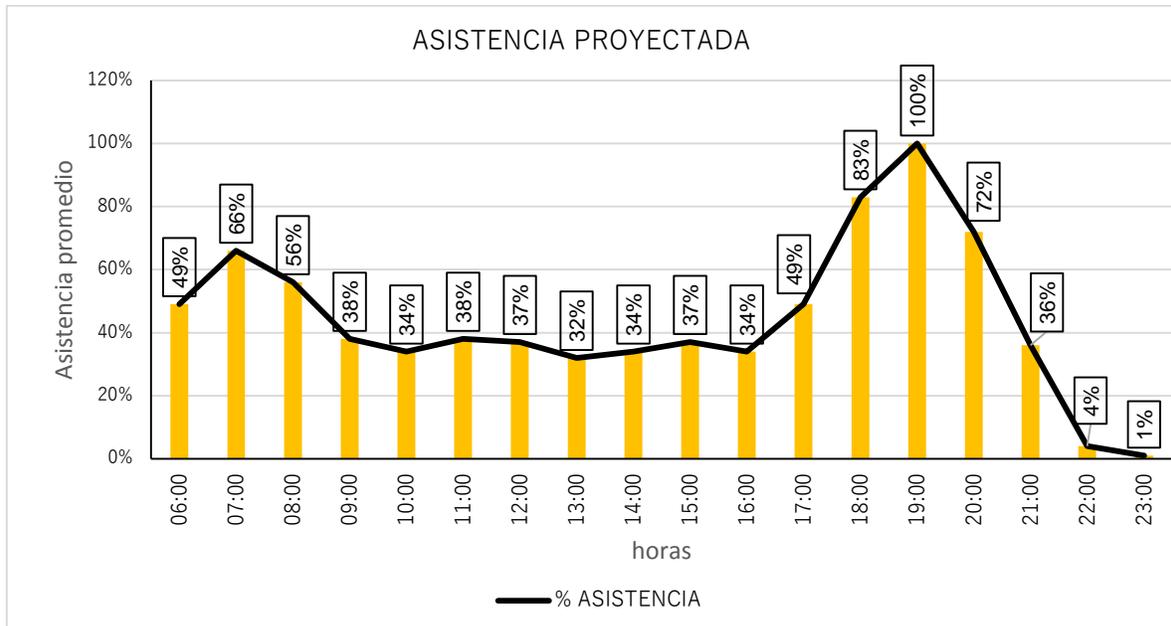


Figura 35. Gráfica asistencia proyectada al inmueble.

De acuerdo a la gráfica en la figura 35, se espera un máximo de asistencia del 100%, por lo que, no se empleará un caudal de simultaneidad, realizándose un cálculo más conservador.

CÓDIGOS Y NORMAS DE DISEÑO.

Los códigos, normas, estándares y manuales a utilizarse en el desarrollo del proyecto para el aprovechamiento de gas L.P., natural e instalaciones eléctricas serán, según apliquen:

- NOM-004-SEDG-2004, Instalaciones de aprovechamiento de gas L.P., diseño y construcción.
- NOM-002-SECRE-2003, Calidad del gas natural.
- NOM-002-SECRE-2010, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural.
- NOM-002-SECRE-2011, Distribución del gas natural y gas L.P. por ductos.
- NOM-026-STPS-2008, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

UNIDADES.

Las unidades utilizadas en los diferentes cálculos a desarrollar, serán en el sistema internacional y el sistema Ingles, por ser práctica común en el ramo de la construcción en México.

Tabla 32. Sistema de unidades (red de gas L.P.).

| Concepto | Unidad Sistema Métrico | Unidad Sistema Ingles |
|--------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Longitud | m | |
| Área | m ² | |
| Volumen | m ³ | |
| Gasto | m ³ /hr | |
| Consumo | m ³ _{std} /hr | BTU/hr |
| Poder calorífico | Kcal/m ³ | |
| Presión | kg _f /cm ² | |
| Temperatura | °C | °F |
| Velocidad | m/s | |
| Diámetro tuberías | mm | Pulgada |
| Potencia de Motor. | watts | HP |

METODOLOGÍA.**Clasificación de la instalación.**

La instalación estará dentro del grupo 4, estacionarios con recipientes estacionarios. Y de acuerdo a normatividad, la instalación para el gimnasio queda como tipo C, instalación destinada al aprovechamiento en servicios del gas L.P.

Consumos.

Se abastecerá de agua caliente a regaderas en el gimnasio, por lo que se emplearán calentadores de agua, que funcionan a base de gas L.P. o Natural.

Tabla 33. Muebles sanitarios con demanda de agua caliente.

| MUEBLE | BAÑO HOMBRES | BAÑO MUJERES | TOTAL |
|-----------|--------------|--------------|-------|
| Regaderas | 11 | 11 | 22 |

Para abastecer la demanda se hará uso de calentadores instantáneos de condensación, de acuerdo a fichas técnicas, su fuente energética puede ser gas L.P., cada calentador es capaz de brindar 6 servicios simultáneos, y tienen una potencia de 190,000 BTU/hr (47,880 kcal/hr), y conexión a gas de ¾" (19 mm).

$$Q = \frac{\text{Potencia o capacidad térmica del equipo}}{\text{poder calorífico gas L.P.}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \right] \text{-----(11)}$$

$$* Q_{\text{calentador}} = \frac{47,880 \text{ kcal/hr}}{23,234 \text{ kcal/hr}} = 2.06 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

* Se van a requerir 4 calentadores, por lo que el consumo total es, $Q_{\text{TOTAL}} = 8.24 \text{ m}^3/\text{hr}$

Seccionamiento de análisis.

El sistema lo seccionamos de la siguiente manera para su análisis.

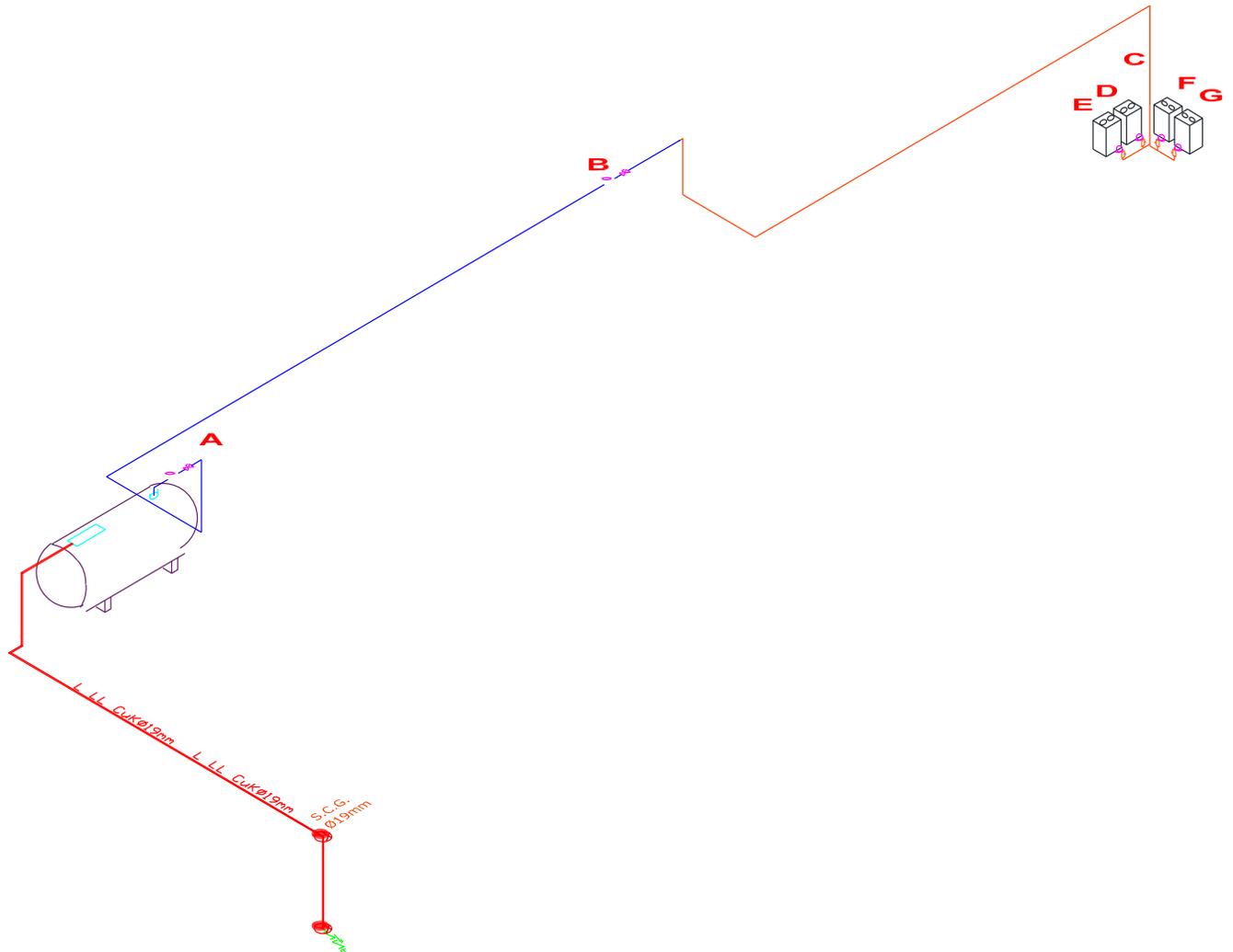


Figura 36. Seccionamiento red de aprovechamiento de gas L.P.

Considerar las siguientes distancias y accesorios.

- Tramo A-B, con longitud de 9 m, codo y válvula de globo.
- Tramo B-C, con longitud de 24 m, codos y válvula de compuerta y TEE recta.
- Tramo C-D, con longitud de 0.5 m, TEE paso recto y válvula de compuerta.
- Tramo D-E, con longitud de 0.5 m, TEE paso recto y válvula de compuerta.
- Tramo C-F, con longitud de 0.5 m, TEE paso recto y válvula de compuerta.
- Tramo F-G, con longitud de 0.5 m, TEE paso recto y válvula de compuerta.

Línea en alta presión regulada.

Para la línea en alta presión regulada, emplearemos la fórmula contenida en la normatividad, la cual contempla la compresibilidad del gas L.P. para el diseño de las tuberías en el régimen de alta presión regulada.

$$H_a = Q^2 \cdot F_a \cdot L \text{ -----(12)}$$

$$H_a = P_i^2 - P_f^2 \text{ -----(13)}$$

Donde:

H_a = pérdida de presión absoluta en el tramo considerado.

P_i^2 = Presión inicial absoluta, g_f/cm^2

P_f^2 = Presión final absoluta, g_f/cm^2

Q^2 = Caudal conducido, m^3_{std}/hr

F_a = factor de cálculo de la tubería en alta presión

L = longitud de cálculo de la tubería, m

Nos interesa conocer la presión al final del tramo, así que, de 2 y 3, obtenemos lo siguiente:

$$P_i^2 - P_f^2 = Q^2 \cdot F_a \cdot L \text{ -----(14)}$$

$$P_f^2 = \sqrt{P_i^2 - (Q^2 \cdot F_a \cdot L)} \text{ -----(15)}$$

Para el sitio de proyecto, 549 msnm, se tiene considerada una presión atmosférica de 768 g_f/cm^2 . La presión de salida mínima del regulador de alta presión por especificación de fábrica, se considera de 1350 g_f/cm^2 .

Del plano tenemos que, la longitud es aproximadamente 9 m, además del uso de 3 codos de 90° y una válvula de globo. El tamaño de tubería y piezas de ¾" con lo que se obtiene una caída de presión 0.3658%.

Tabla 34. Caída de presión en línea de alta presión.

| TRAMO | APARATO DE CONSUMO | CAUDAL TOTAL (m ³ /h) | DIÁMETRO PROPUESTO (in) | PIEZAS ESPECIALES | Fa | Pf gf/cm ² | %Ha |
|-------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|--------|-----------------------|--------|
| A-B | Calentador 1 | 8.2400 | 3/4 | Codo 90° 3/4" Válvula globo 3/4" | 27.806 | 2110.2530 | 0.3658 |
| | Calentador 2 | | | | | | |
| | Calentador 3 | | | | | | |
| | Calentador 4 | | | | | | |

Línea en baja presión regulada.

Calculamos la caída porcentual con tubería de cobre, vamos a recurrir a la expresión matemática del Dr. Pole (15).

$$\%H_b = Q^2 \times F_b \times L \text{-----}(15)$$

%H_b = Caída de presión porcentual en baja presión regulada

Q = Caudal volumen conducido en m³_{std}/h (propano)

F_b = Factor de cálculo de tubería en baja presión regulada

L = Longitud de cálculo de la tubería en metros

El caudal de diseño, va a seguir siendo la totalidad del acumulado, como se explicó anteriormente, Q_{TOTAL} = 8.24 m³/hr.

El factor f_b , lo obtenemos de la siguiente tabla.

Tabla 35. Factores de cálculo para tuberías de Acero C-40 y cobre, en baja presión regulada.

| Diámetro nominal | | "Factor F_b " | | | |
|------------------|---------|---|---|---|---|
| mm | pulgada | Acero Cedula 40 | | Cobre tipo L | |
| | | Sin medidor | Con medidor | Sin medidor | Con medidor |
| | | Presión de servicio 2, 737 kPa (0,02791 kgf/cm ²) 2, 737 kPa (0,02791 kgf/cm ²) | presión de servicio 2, 85 kPa (0,0291 kgf/cm ²) | presión de servicio 2, 737 kPa (0,02791 kgf/cm ²) | presión de servicio 2, 85 kPa (0,0291 kgf/cm ²) |
| 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 |

Como el análisis implica la presencia de accesorios (codos, válvulas), debemos calcular las pérdidas que estas generan, para poderlo realizar nos vamos a apoyar de datos en la literatura, que brindan valores estandarizados de acuerdo a la forma y tamaño de la pieza, como se indica en la tabla 31.

Tabla 36. Pérdidas de carga en longitudes (m), para piezas especiales.

| 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 |

La longitud de la línea es de 24 m, además del uso de 6 codos de 90°, una válvula de globo, TEE de paso recto. El análisis para el tramo B-C, sería.

De la tabla 31, intersecamos el diámetro propuesto con el material correspondiente, en este caso acero cobre. Para este análisis, lo consideramos sin medidor, es el recuadro en amarillo. Con lo que $F_b = 0.00042$, al que sustituimos en la ecuación 15.

Ahora con la tabla 32, sabemos que tenemos 6 codos de 90°, y tenemos que, por cada uno son 2.15 m equivalentes, por lo que son en total 12.9 m extras al análisis. Pero también contamos con una válvula de compuerta, y al ser solo una, sumamos 0.40 m. También contamos con una TEE paso recto, que suma 0.6 m. Todo lo anterior lo sumamos a la longitud de 24 m.

$$\%H_b = \left(8.24 \frac{m^3}{h}\right) \cdot (0.00042) \cdot (24m + 12.9m + 0.40m + 0.60m)$$

$$\%H_b = \left(8.24 \frac{m^3}{h}\right)^2 \cdot (0.00042) \cdot (37.9 m)$$

$$\%H_b = 1.0808\%$$

Tabla 37. Caídas de presión en línea de baja presión.

| TRAMO | APARATO DE CONSUMO | CANTIDAD | CAUDAL TOTAL (m3/h) | DIÁMETRO PROPUESTO (in) | PIEZAS ESPECIALES | Fb | %Hb |
|-------|--------------------|----------|----------------------|-------------------------|------------------------|--------|--------|
| B-C | Calentador 1 | 1 | 8.2400 | 2 | Codo 90° 2" | 0.0004 | 1.0808 |
| | Calentador 2 | 1 | | | Válvula compuerta 2" | | |
| | Calentador 3 | 1 | | | Tee Paso Recto 2" | | |
| | Calentador 4 | 1 | | | | | |
| C-D | Calentador 1 | 1 | 4.1200 | 3/4 | Tee Paso Recto 3/4" | 0.0632 | 0.9660 |
| | Calentador 2 | 1 | | | Válvula compuerta 3/4" | | |
| D-E | Calentador 2 | 1 | 2.0600 | 3/4 | Tee Paso Recto 3/4" | 0.0632 | 0.2415 |
| | | | | | Válvula compuerta 3/4" | | |
| C-F | Calentador 3 | 1 | 4.1200 | 3/4 | Tee Paso Recto 3/4" | 0.0632 | 0.9660 |
| | Calentador 4 | 1 | | | Válvula compuerta 3/4" | | |
| F-G | Calentador 4 | 1 | 2.0600 | 3/4 | Tee Paso Recto 3/4" | 0.0632 | 0.2415 |
| | | | | | Válvula compuerta 3/4" | | |
| | | | | | | %Hb | 3.4957 |

Reguladores.

La red de gas L.P. considera el uso de dos reguladores, para alta y baja presión, la selección de los reguladores, estará en función de la presión de salida y el caudal volumétrico que circule a través de ellos.

Tabla 38. Requerimientos de los reguladores.

| RÉGIMEN | Presión salida mínima (gf/cm ²) | Consumo (mstd3/hr) |
|-----------------------|---|--------------------|
| Alta presión regulada | 1500 | 8.24 |
| Baja presión regulada | 27.94 | 8.24 |

De acuerdo a lo anterior, se eligen reguladores de la marca cms international®, para ambas etapas, (alta y baja presión), se presentan los modelos a continuación.

Tabla 39. Propiedades de reguladores seleccionados

| RÉGIMEN | Modelo | Presión máxima (gf/cm ²) | | Capacidad vapor, propano (mstd3/hr) |
|--------------|----------|--------------------------------------|--------|-------------------------------------|
| | | Entrada | Salida | |
| Alta presión | 10-080 | 17200 | 1500 | 17 |
| Baja presión | Lobo S19 | 1500 | 27.94 | 10 |

Selección del tanque.

Para la selección del recipiente de gas L.P. debemos determinar la capacidad de vaporización de los recipientes propuestos, y debe ser mayor al caudal total $Q_{TOTAL} = 8.24 \text{ m}^3/\text{s}$, para asegurar su correcto funcionamiento, para ello haremos uso de la siguiente fórmula.

$$Q_v = 0.01756 \times D \times L \times K_p \times K_t \dots\dots\dots(16)$$

Donde:

Q_v = Capacidad de vaporización del tanque, en m^3/h

0.01756, constante maneada de acuerdo a normatividad IMSS.

D = Diámetro del tanque en metros.

L = Largo total del tanque, en metros.

K_p = Factor que depende del porcentaje de gas líquido en el tanque.

K_t = Factor que depende de la temperatura ambiente

Los factores K_p y K_t , son obtenidos de literatura, variando de acuerdo al porcentaje de gas líquido en el tanque y de la temperatura ambiente (dependiendo del clima de la localidad), respectivamente. (Tablas 36 y 37).

Tabla 40. Factor K_p

| % del recipiente lleno | K_p |
|------------------------|-------|
| 60 | 100 |
| 50 | 90 |
| 40 | 80 |
| 30 | 70 |
| 20 | 60 |
| 10 | 45 |

Tabla 41. Factor K_t

| Tipo clima | T ambiente °C | k_t |
|------------|---------------|-------|
| Extremoso | -4.0 | 2.25 |
| Altiplano | 4.4 | 3.00 |
| Tropical | 10.0 | 3.50 |

Para nuestro caso la Tuxtla Gutierrez, se registran temperaturas medias, de tipo tropical, asumimos temperatura ambiente de 10 °C, y un porcentaje de gas líquido en el gas del 20%.

En cuanto a las medidas de los recipientes, concretamente el largo y el ancho, recurrimos a las fichas técnicas, como la que se brindó en la clase, se muestra a continuación dichas características.

Tabla 42. Factor Kp Medidas tanques estacionarios marca TATSA.

| MODELO | CAPACIDAD | DIÁMETRO | LONGITUD | ALTURA |
|--------|-----------|----------|----------|--------|
| 120 | 117.5 L | 48 CM | 73 CM | 53 CM |
| 180 | 170.8 L | 48 CM | 105 CM | 53 CM |
| 300 | 287 L | 60 CM | 111 CM | 68 CM |
| 500 | 480 L | 60 CM | 179 CM | 68 CM |
| 1,000 | 967 L | 80 CM | 219 CM | 86 CM |
| 1,600 | 1627 L | 104 CM | 230 CM | 110 CM |
| 2,200 | 2148 L | 104 CM | 292 CM | 110 CM |
| 2,800 | 2689 L | 104 CM | 358 CM | 110 CM |
| 3,400 | 3210 L | 104 CM | 420 CM | 110 CM |
| 5,000 | 4913 L | 108 CM | 473 CM | 123 CM |

Fuente: apuntes materia instalaciones para aprovechamiento de gas.

Con la la fórmula 16, es fácil determinar la capacidad de vaporización de cada modelo manejado por esta marca, lo cual se resume en la siguiente tabla, y que nos ayudará a determinar el tanque estacionario apropiado, de acuerdo a nuestra demanda.

Tabla 43. Capacidad de vaporización tanques marca TATSA.

| Sitio | Capacidad | Diámetro | Longitud | Kp | Kt | Constante | Qv (m³/hr) |
|--------|-----------|----------|----------|----|-----|-----------|------------|
| Tx Gtz | 5000 | 1.08 | 4.73 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 18.8377 |
| Tx Gtz | 3400 | 1.04 | 4.2 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 16.1074 |
| Tx Gtz | 2800 | 1.04 | 3.58 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 13.7297 |
| Tx Gtz | 2200 | 1.04 | 2.92 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 11.1985 |
| Tx Gtz | 1600 | 1.04 | 2.3 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 8.8207 |
| Tx Gtz | 1000 | 0.8 | 2.19 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 6.4607 |
| Tx Gtz | 500 | 0.6 | 1.79 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 3.9605 |
| Tx Gtz | 300 | 0.6 | 1.11 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 2.4559 |
| Tx Gtz | 180 | 0.48 | 1.05 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 1.8586 |
| Tx Gtz | 120 | 0.48 | 0.73 | 60 | 3.5 | 0.01756 | 1.2921 |

Sabemos que Qv debe ser mayor a Qs, por lo que el modelo apropiado es el de 1600 litros, como se muestra en la tabla 39.

CAPÍTULO 5: IMPORTANCIA DE LAS INSTALACIONES PARA UN INGENIERO CIVIL.

El motivo de generar este documento, fue dar a conocer el papel del ingeniero civil en el diseño, construcción y manejo de las instalaciones que componen una edificación, es importante brindar las herramientas a los estudiantes, ya que la demanda de especialistas altamente capacitados en este rubro, es alta. Aunque podría parecer que este campo es exclusivo de los arquitectos, los avances técnicos, las crecientes exigencias de confort y la necesidad de una gestión económica, social y ecológica (sustentabilidad), de los recursos energéticos, que han dado lugar al incremento del equipamiento técnico en los edificios, ha creado la necesidad de tener una gran amplitud de conocimientos, para lo que se requieren especialistas del sector de forma individual, allí es donde entra el ingeniero civil, que por su formación multidisciplinaria es un valioso recurso.

Pero, los métodos desarrollados son solo la base de amplias alternativas de solución, en las proyecciones de instalaciones, por lo que se debe seguir profundizando en este campo de estudio.

En la FES Acatlán, definen al ingeniero civil como: *" el profesionalista que realiza obras de servicio colectivo en infraestructura y desarrollo urbano, participando en las etapas de planeación, diseño, construcción, operación, administración, mantenimiento, rehabilitación, desmantelamiento y remodelación, con una visión creativa e innovadora, aplicando los conocimientos científicos y tecnológicos más avanzados, en un contexto mundial globalizado, preservando y mejorando en todos los aspectos el medio ambiente y contribuyendo a elevar la calidad de vida de la población" .*

En la definición anterior, se puede englobar perfectamente las instalaciones de una edificación, las cuales son necesarias para cualquier obra de infraestructura, pero además quiero rescatar el apartado que menciona, *" mejorando en todos los aspectos el medio ambiente" ,* el cual debe ser fundamental en el quehacer diario del ingeniero civil, que es además, aplicable a las instalaciones, pues es necesario que al momento de proyectarlas, generemos un factor de cambio, por ejemplo en la aplicación de la sustentabilidad. Es

común, ver noticias acerca de escasez de agua en las grandes urbes, los cortes o reducción del suministro por falta del recurso, caso concreto, el de la CDMx, donde por años se ha intentado abatir este problema, extrayendo el agua de otras cuencas, sin considerar los daños ambientales, socioculturales y económicos, ocasionados por el trasvase de agua entre cuencas, privilegiando el acceso de agua potable a la Zona Metropolitana, pero que ni así, han logrado abatir el problema. Y es aquí donde precisamente nuestro conocimiento en instalaciones, puede ayudar a mitigar los problemas de falta de agua.

Existen en la actualidad, por ejemplo, sistemas prefabricados de captación de agua pluvial, los cuales mediante un sencillo sistema podemos aprovechar y utilizar en nuestro uso diario, empleándolo desde el suministro para muebles, hasta para consumo, o bien podemos hacer un sistema de reutilización de agua residual, empleando equipos accesibles para tratamiento de agua, reduciendo así, nuestro consumo y disposición de agua. Estos sistemas los podemos aplicar desde pequeñas casas habitacionales y replicarlo en grandes edificaciones comerciales o incluso industriales, ya que todas siguen un mismo principio.

Pero, todos estos sencillos sistemas se requieren a estos especialistas en instalaciones, y para lo cual debemos mantener siempre una visión global de las necesidades actuales, poniendo así nuestro ingenio en generar soluciones eficientes.

BIBLIOGRAFÍA

James R. Mihelcic y Julie Zimmerman. (2011). Ingeniería ambiental: fundamentos sustentabilidad diseño. New Jersey, USA: Alfa Omega.

Rafael Pérez Carmona. (2010). Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Bogotá, Colombia: ECOE EDICIONES.

Santos Téllez, Rodrigo Ulises. (2015-11-23). Diseño de redes de distribución de agua potable. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 12, 134.

César E. (1997). Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 2. Facultad de Ingeniería, UNAM, México: Facultad de Ingeniería.

Reglamento de Ingeniería Sanitaria Relativa a Edificios (RISRE)

Reglamento de construcción para el municipio de Tuxtla Gutiérrez.

Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México, 2017.

Normas Técnicas Complementarias para proyecto arquitectónico (2004). Diario Oficial de la Federación.

Normas de diseño de ingeniería electromecánica del Instituto Mexicano del Seguro Social, instalaciones Sanitarias, Hidráulicas y Especiales (ND-01-IMSS-HSE-1997).

Norma Oficial Mexicana. (1998). NOM-008-CONAGUA-1998 "Regaderas empleadas en el uso corporal. Especificaciones y métodos de prueba". México: Diario Oficial de la Federación.

Norma Oficial Mexicana. (2001). NOM-009-CONAGUA-2001 "Inodoros para uso sanitario. Especificaciones y métodos de prueba". México: Diario Oficial de la Federación.

Gas Licuado de Petróleo. (2012). CONUEE. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/94616/gasLP.pdf>

I. (2021, 9 julio). Historia del GLP. IRCONGAS. <https://www.ircongas.com/historia-del-glp/#:%7E:text=El%20Gas%20licuado%20de%20petr%C3%B3leo,materiales%20inestables%20en%20el%20combustible.&text=Y%20en%201934%20se%20vendi%C3%B3%20el%20primer%20cilindro%20de%20GLP.>

NOM-004-SEDG-2004, instalaciones de aprovechamiento de gas L.P. Diseño y construcción.

Enrique C. Valdez Instalaciones sanitarias para edificios Volumen 1: Condiciones necesarias de la instalación para el suministro de agua, UNAM, Facultad de Ingeniería.

Green building in North America, opportunities and challenges.

Construyendo ciudades sustentables, experiencias de Pekin y la Ciudad de México. Capítulo: experiencias tecnológicas aplicadas para lograr la sustentabilidad – Experiencias sobre edificación sustentable en la Ciudad de México en el contexto del cambio climático: agua, residuos y energía, página 183. David Morillón Gálvez.

Viviendas sustentables en México, Antonio Nieto, Mundo HVAC&R,
<https://www.mundohvacr.com.mx/2009/08/viviendas-sustentables-en-mexico/>