

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL PROYECTO LA MISIÓN

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JORDI FRANCISCO LONGO CANDINI

DIRECTOR: ING. FERNANDO MONTENEGRO

CODIRECTOR: ING. OSWALDO MARIÑO

TOMO I

Sangolquí, 2012 - 11

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Ingeniería Básica y de Detalle de un Sistema Hidrosanitario para el Proyecto La Misión” fue realizado en su totalidad por Jordi Francisco Longo Candini, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Fernando Montenegro

DIRECTOR

Ing. Oswaldo Mariño

CODIRECTOR

Sangolquí, 2012-08-13

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA HIDROSANITARIO PARA EL PROYECTO LA MISIÓN

ELABORADO POR:

JORDI LONGO CANDINI

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ING. XAVIER SÁNCHEZ
DIRECTOR DE CARRERA**

Sangolquí, 2012 - 11

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

AUTORIZACION

Yo Jordi Francisco Longo Candini

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado “Ingeniería Básica y de Detalle de un Sistema Hidrosanitario para el Proyecto La Misión” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Jordi Francisco Longo Candini

Sangolquí, 2012 - 11

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico principalmente a Dios, que siempre tienen su mano extendida para levantarme y continuar caminando. A mi padre, por su confianza y ayuda incondicional, A mi madre, que me supo guiarme siempre por el camino del bien hasta llegar a mi objetivo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por todo su infinito poder y sabiduría; por estar con nosotros en cada paso, por iluminar mi mente y fortalecer mi corazón y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido soporte y compañía durante todo el periodo de estudios.

Mi más profundo y especial agradecimiento a la Escuela Politécnica del Ejército, a la Facultad de Ingeniería Mecánica y a sus profesores por todo el tiempo que nos brinda y por confiar en sus alumnos, brindando todas las destrezas para el buen desenvolvimiento académico y profesional de todos aquellos que luchan por salir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DEL PROYECTO.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
INDICE DE CONTENIDOS	vii
LISTADO DE TABLAS	xi
LISTADO DE FIGURAS	xiii
NOMENCLATURA	xv
LISTADO DE ANEXOS.....	xvi
RESUMEN	xvii
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.4 JUSTIFICACIÓN	2
1.5 ALCANCE	3
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	
2.1 CRITERIOS GENERALES.....	5
2.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SISTEMAS	6

2.2.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE	6
2.2.1.1 Abastecimiento del agua	6
2.2.1.2 Tubería y materiales	7
2.2.1.3 Accesorios	14
2.2.1.4 Válvulas	17
2.2.2 Sistema de Aguas Servidas y Pluviales.....	22
2.2.2.1 Tubería de Evacuación de Aguas.....	22
2.2.2.2 Sifones.....	22
2.2.2.3 Tubería de Ventilación.....	27
2.2.2.4 Accesorios	31
2.3 CÓDIGOS Y NORMAS.....	34
2.3.1 NORMAS.....	34
2.3.2 CÓDIGOS.....	35
2.4 SISTEMA DE PRESIÓN.....	36
2.5 SISTEMA DE AGUA CALIENTE	50
2.6 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE ARRANQUE	57
2.6.1 FUNCIONES DE LOS ARRANCADORES	58

CAPÍTULO 3. INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

3.1 ESPECIFICACIONES GENERALES.....	61
3.2 SISTEMA DE AGUA POTABLE	62
3.2.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	62
3.2.1.1 Materiales de tubería y accesorios	62
3.2.1.2 Colocación de tubería y accesorios.....	62
3.2.1.3 Materiales de válvulas	63

3.2.1.4 Colocación de válvulas.....	64
3.2.2 CÁLCULOS DE CAUDALES, DIÁMETROS DE TUBERÍA Y PÉRDIDA.	64
3.2.3 CÁLCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE PRESION.....	72
3.2.4 CÁLCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE AGUA CALIENTE.....	82
3.3 SISTEMA DE DESAGÜE, ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO..	86
3.3.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS	86
3.3.1.1 Materiales de tubería y accesorios.....	86
3.3.1.2 Colocación de tubería y accesorios	86
3.3.1.3 Excavación de zanjas.....	87
3.3.1.4 Relleno de zanjas.....	87
3.3.1.5 Cajas de revisión.....	87
3.3.2 CÁLCULOS DE CAUDALES Y DIÁMETROS DE TUBERÍA.....	88
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE COSTOS	
4.1 INTRODUCCION	93
4.2 VOLUMEN DE OBRA	93
4.3 COSTO REFERENCIAL DE DISEÑO.....	99
4.4 PRESUPUESTO	99
4.4.1 COSTOS DIRECTOS.....	100
4.4.1.1 Material directo.....	100
4.4.1.2 Mano de obra directa	100
4.4.1.3 Transporte.....	100
4.4.2 COSTOS INDIRECTOS.....	100
4.4.2.1 Material indirecto.....	100
4.4.2.2 Mano de obra indirecta.....	101

4.4.2.3 Gastos administrativos	101
--------------------------------------	-----

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.....	108
-----------------------	-----

5.2 RECOMENDACIONES.....	108
--------------------------	-----

BIBLIOGRAFIA.....	110
-------------------	-----

ANEXOS.....	111
-------------	-----

LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1: Consumo por persona.....	7
Tabla 2.2: Valores de unidades de suministro de agua	11
Tabla 2.3: Estimación de la demanda	12
Tabla 2.4: Diámetro de los sifones y las derivaciones	24
Tabla 2.5: Diámetro de las derivaciones en colector.....	25
Tabla 2.6: Diámetro de las columnas de aguas servidas y aguas lluvias	26
Tabla 2.7: Diámetro de los canalones de aguas servidas y aguas lluvias	26
Tabla 2.8: Diámetro de los colectores de aguas servidas y aguas lluvias	27
Tabla 2.9: Diámetro de las derivaciones de ventilación	29
Tabla 2.10: Diámetro de las columnas de ventilación	30
Tabla 2.11: Factor de fricción.....	41
Tabla 2.12: Coeficiente de resistencia para accesorios y válvulas	43
Tabla 2.13: Coeficiente de resistencia para accesorios y válvulas	44
Tabla 2.14: Coeficiente de resistencia para accesorios y válvulas	45
Tabla 2.15: Coeficiente de resistencia para accesorios y válvulas	46
Tabla 2.16: Capacidad requerida por aparato sanitario	47
Tabla 2.17: Tiempo de operación mínimo.....	49
Tabla 2.18: Demanda de agua caliente	55
Tabla 2.19: Pérdidas de calor	56
Tabla 3.1: Localización de aparatos hidrosanitarios	65
Tabla 3.2: Capacidad de cisterna de agua potable	66
Tabla 3.3: Dimensionamiento de tubería de agua fría sector A	67
Tabla 3.4: Dimensionamiento de tubería de agua fría sector B	68
Tabla 3.5: Dimensionamiento de tubería de agua caliente sector A	69
Tabla 3.6: Dimensionamiento de tubería de agua caliente sector B	70

Tabla 3.7: Dimensionamiento de tubería de agua de cuarto de máquinas	72
Tabla 3.8: Cálculo de pérdidas por fricción en la succión.....	73
Tabla 3.9: Cálculo de pérdidas por fricción en la impulsión en la tubería de agua fría	74
Tabla 3.10: Cálculo de la altura dinámica total de la bomba principal	79
Tabla 3.11: Cálculo de la altura de aspiración neta positiva disponible de la bomba principal	79
Tabla 3.12: Características de la bomba principal.....	80
Tabla 3.13: Características referenciales del sistema de presión.....	81
Tabla 3.14: Cálculo de pérdidas de calor total en la tubería de agua caliente .	82
Tabla 3.15: Cálculo del sistema de agua caliente	83
Tabla 3.16: Sistema de agua caliente	85
Tabla 3.17: Dimensionamiento de las tuberías de aguas servidas.....	89
Tabla 3.18: Diámetro de las columnas de aguas lluvias.....	91
Tabla 3.19: Dimensionamiento de las tuberías de aguas lluvias	92
Tabla 4.1: Conteo sistema de agua potable fría y caliente	94
Tabla 4.2: Conteo sistema de aguas servidas y lluvias	96
Tabla 4.3: Conteo cuarto de maquinas.....	97
Tabla 4.4: Consto referencial de diseño del sistema hidrosanitario.....	99
Tabla 4.5: Resumen presupuesto sistema hidrosanitario.....	101
Tabla 4.6: Presupuesto sistema de agua potable frío y caliente	102
Tabla 4.7: Presupuesto sistema de aguas servidas y lluvias.....	104
Tabla 4.8: Presupuesto cuarto de máquinas	105

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1: Tubería de acero galvanizado.....	8
Figura 2.2: Tubería de polipropileno	8
Figura 2.3: Tubería de cobre.....	9
Figura 2.4: Tubería de acero inoxidable.....	10
Figura 2.5: Codo 90°	14
Figura 2.6: Tee.....	15
Figura 2.7: Reducción	15
Figura 2.8: Unión.....	16
Figura 2.9: Unión bridada.....	16
Figura 2.10: Válvula de compuerta	17
Figura 2.11: Válvula de globo.....	18
Figura 2.12: Válvula de mariposa.....	19
Figura 2.13: Válvula de bola.....	20
Figura 2.14: Válvula de retención.....	20
Figura 2.15: Válvula de desahogo.....	21
Figura 2.16: Sifón.....	23
Figura 2.17: Tubería de ventilación	28
Figura 2.18: Codo 45° PVC	31
Figura 2.19: Tee PVC	32
Figura 2.20: Yee PVC	32
Figura 2.21: Reducción PVC	33
Figura 2.22: Unión PVC	34
Figura 2.23: Sistema de presión constante	38
Figura 2.24: Calentador de agua	51
Figura 2.25: Calentador de agua con tanque de almacenamiento	52

Figura 2.26: Tanque de expansión	53
Figura 2.27: Relación de incrustaciones en el sistema con la temperatura y la demanda de agua	53
Figura 2.28: Calentador de agua con tanque de almacenamiento y recirculación de agua	54
Figura 2.29: Variador de velocidad	58
Figura 2.30: Interruptor seccionador	58
Figura 2.31: Breaker de protección contra corto circuitos	59
Figura 2.32: Relé térmico de protección contra sobrecarga	59
Figura 2.33: Contactor	60
Figura 2.34: Esquema de un sistema de arranque	60
Figura 3.1: Anclajes de tubería	63

NOMENCLATURA

V = velocidad

Q = caudal

d = diámetro tubería

h_L = Perdida de carga debido al flujo del fluido

f = factor de fricción.

L = longitud de la tubería

Re = Número de Reynolds.

e = rugosidad absoluta.

ρ = densidad del agua

d = diámetro tubería

μ = viscosidad absoluta

K = coeficiente de resistencia.

P_h = potencia hidráulica

TDH=altura dinámica total

P = potencia

η =eficiencia de la bomba (0,65)

Vol r= volumen de regulación

t = tiempo de operación mínimo de la bomba

Vol t= volumen del tanque

F = factor

Vol r= volumen de regulación

P_{on} = Presión de encendido

P_{off} = Presión de apagado

P_c = potencia del calentador

ΔT = diferencia de temperatura entre agua caliente y agua fría

Q_c = caudal necesario

q = pérdida de calor en la tubería (tabla 2.11)

ρ = densidad del agua

C_p = calor específico del agua

T = diferencia de temperatura aceptable

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO A: Precios unitarios.

ANEXO B: Sistema de presión constantes.

ANEXO C: Bombas Grundfos CR.

ANEXO D: Tanque precargado.

ANEXO E: Caldera.

ANEXO F: Bomba de recirculación.

ANEXO G: Bomba circuladora.

ANEXO H: Tanque de expansión.

ANEXO I: Tubería Plastigama.

ANEXO J: Normas Plastigama.

ANEXO K: Sistema de agua caliente.

ANEXO L: Planos.

ANEXO M: Carta auspiciante.

RESUMEN

Para una buena salud, el ser humano debe contar con acceso a una fuente de agua potable y un correcto sistema de evacuación de desechos orgánicos. El agua potable es un agua tratada, libre de impurezas y contaminantes biológicos, que es conducida mediante tuberías y bombas hasta el lugar en donde es demandada; los desechos orgánicos de las personas se evacuan por medio de tuberías, lejos de estas para evitar contaminación y enfermedades, tomando el nombre de aguas servidas. Un Sistema Hidrosanitario, es un sistema que comprende la conducción y distribución de agua potable y evacuación aguas servidas.

Para el diseño y construcción de edificios de vivienda o comercio, se exigen en la actualidad contar con un sistema de suministro de agua potable y evacuación de aguas servidas, para la correcta higiene de sus usuarios. El Ingeniero Mecánico con sus conocimientos en el área de fluidos es capaz de desarrollar un diseño Hidrosanitario que cumpla las normas vigentes, sea eficiente y de costo razonable.

El desarrollo de este Sistema Hidrosanitario beneficiará principalmente a los ocupantes del proyecto La Misión, que es una Casa de Formación Apostólica para Padres Eudistas.

Para el desarrollo de este proyecto de tesis, se fijó como objetivo general, desarrollar la Ingeniería Básica y de Detalle de un Sistema Hidrosanitario para el Proyecto La Misión. Como objetivos específicos están el establecer criterios generales en el Diseño Hidrosanitario aplicando códigos y normas correspondientes, desarrollar especificaciones generales para la ingeniería básica del sistema, realizar cálculos de diseño aplicando los conocimientos adquiridos en la ESPE y desarrollar un Análisis Económico y Financiero para el proyecto.

Como metodología de trabajo, se empezó reuniendo información bibliográfica sobre la Ingeniería Básica y de Detalle de un sistema hidrosanitario. Con la información teórica clara y los conocimientos adquiridos en la ESPE, se estudió los planos arquitectónicos y requerimientos del cliente, a fin de determinar el mejor diseño hidrosanitario, desarrollando los cálculos necesarios, diámetros de tubería, caudales, potencia de equipo de bombeo, dibujo de la tubería y demás componentes, sobre la arquitectura, a fin de mostrar cómo quedaría finalmente dispuesto el Sistema Hidrosanitario.

La elaboración de este proyecto de tesis da como resultado la aplicación de los conocimientos adquiridos en la ESPE, así como también el aprendizaje obtenido mediante investigación y consulta con profesores y personas relacionadas a la materia. Con este proyecto se ha conseguido desarrollar un diseño de un sistema hidrosanitario que se puede aplicar como base para otros proyectos.

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Para una buena salud, el ser humano debe contar con acceso al agua potable y un correcto sistema de evacuación de sus desechos orgánicos. El agua potable es un agua tratada, libre de impurezas y contaminantes biológicos, que es conducida mediante tuberías y bombas hasta el lugar en donde es demandada; los desechos orgánicos de las personas se evacuan por medio de tuberías, lejos de estas para evitar contaminación y enfermedades, tomando el nombre de aguas servidas. Un Sistema Hidrosanitario, es un sistema que comprende la conducción y distribución de agua potable y aguas servidas en un local.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El suministro de agua potable en una vivienda es un problema de ingeniería, pero es solo una parte del problema, casi toda el agua se convertirá en aguas residuales, que deben recogerse y evacuarse. Un tercer problema es la recogida y evacuación de las aguas procedentes de la lluvia. El tiempo de construcción es también importante, pues los costos actuales de construcción son elevados en comparación con épocas anteriores.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar la Ingeniería Básica y de Detalle de un Sistema Hidrosanitario para el proyecto La Misión.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer criterios generales en el diseño hidrosanitario aplicando normas y códigos correspondientes.
- Desarrollar especificaciones generales para la ingeniería básica del sistema.
- Realizar cálculos de diseño aplicando los conocimientos de ingeniería adquiridos en la ESPE.
- Desarrollar un análisis económico y financiero para el proyecto.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En todos los tiempos, las grandes ciudades han debido preocuparse del suministro de agua. Antiguamente sus suministros, pozos poco profundos, manantiales y arroyos, eran inadecuados para cubrir la demanda sanitaria, viéndose obligados a construir acueductos que llevaran el agua de fuentes lejanas. Solo unos pocos ciudadanos ricos disponían de agua corriente en sus casas o jardines, mientras la mayoría transportaba el agua a sus viviendas en vasijas desde un número reducido de fuentes o caños públicos. Antes se usaba tuberías de arcilla, plomo y madera vaciada siguiendo la línea de pendientes hidráulicas y raramente bajo presión; en el Siglo XVIII las tuberías de hierro fundido se abarataron y masificaron.

Antiguamente había la costumbre de depositar toda clase de residuos en las calles y en consecuencia, los desagües de lluvia transportaban al propio tiempo mucha materia orgánica; los cursos de agua que pasaban por las ciudades se utilizaban libremente para la evacuación de residuos. Los retretes con fosa se desbordaban produciendo malos olores. Toda esta materia era descargada en las corrientes de agua donde se descomponía dando origen a incomodidad y peligro e ciudades o poblaciones rurales situadas aguas abajo.

El desarrollo de Sistemas Hidrosanitarios contribuye al crecimiento de las ciudades, sin un suministro adecuado de agua potable, la vida en ellas sería desagradable y peligrosa para la salud. Los suministros de agua subterránea son frecuentemente insuficientes para las enormes demandas y las aguas superficiales, contaminadas deben tratarse con más cuidado conforme aumenta la población. Los importantes efectos de las instalaciones de agua y alcantarillado en las ciudades, además de conservar la salud, sirven para piscinas, limpieza por riego y contra el fuego.

Para el diseño y construcción de edificios de vivienda o comercio, se exigen en la actualidad contar con un sistema de suministro de agua potable y evacuación de aguas servidas, para la correcta higiene de sus usuarios. El Ingeniero Mecánico con sus conocimientos en el área de fluidos es capaz de desarrollar un diseño Hidrosanitario que cumpla las normas vigentes, sea eficiente y de costo razonable para desarrollar un país cada vez mejor.

1.5 ALCANCE

El diseño del Sistema Hidrosanitario para el Proyecto La Misión, que es una Casa de Formación Apostólica para Padres Eudistas, muestra cálculos, recorridos y dimensiones de tubería para agua potable fría y caliente, aguas residuales y aguas lluvias. El diseño también muestra cálculos, recorridos y dimensiones de tubería del Cuarto de Máquinas y características del equipo de presión principal para el agua potable fría, así como también las características,

cálculos y dimensionamiento de la caldera, tanque intermedio, tanque de expansión, bomba de recirculación y bomba circuladora del Sistema de Agua Caliente.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 CRITERIOS GENERALES

El consumo de agua depende del tipo de vivienda, nivel social y el sistema de distribución. Al diseñar un Sistema Hidrosanitario para un centro habitado, hay que tener en cuenta el probable crecimiento de este y prever agua no solo para el momento, sino también para un cierto número de años.

Para los servicios sanitarios de un edificio, el agua se deriva de la tubería general o de una captación, una tubería de toma penetra en el edificio y se ramifica en una red. Los distribuidores son tuberías horizontales que conducen el agua a las columnas, que son las que llevan el agua a las distintas plantas del edificio, las derivaciones toman el agua que sale de las columnas y llevan el agua hasta los grifos de toma.

Cuando el agua se toma de una captación o una red general sin presión, hay que instalar un sistema de presión que aspire el agua y la inyecte en la red del edificio.

Una red de evacuación de aguas es necesaria para dar salida a aguas sucias, de desecho o inútiles, del edificio. Una red de evacuación debe evacuar rápidamente las aguas, impedir el paso de olores y microbios de las tuberías al interior del edificio, también tienen que ser impermeables al agua y al aire, duraderas y resistir la acción corrosiva de las aguas vertidas en ellas.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS

2.2.1 SISTEMA DE AGUA POTABLE.

2.2.1.1 Abastecimiento del agua.

Para el abastecimiento de agua en un edificio, se suele disponer de la red municipal o un pozo de agua, generalmente se cuenta también con una cisterna, la cual almacena el agua para cuando el abastecimiento de agua de la red municipal o el pozo no puedan proveer de agua al edificio por algún problema temporal. La cisterna puede ser:

Cisterna Alta: Para edificaciones de tres pisos máximo, la acometida es directa, suministro por gravedad.

Cisterna Baja: Para edificios, industrias, centros comerciales, etc., la acometida es directa, suministro con equipo de presión, es más eficaz y más usado.

El volumen mínimo necesario de la cisterna se calcula usando la tabla 2.1, en el que se escoge el tipo de vivienda, el consumo por persona de ese tipo de vivienda, la cantidad de personas que ocupan el edificio y un tiempo de consumo mínimo de tres días.

Tabla 2.1 Consumo por persona.

Tipo de ocupación	Unidad	GlxUnidadxDía
Vivienda pequeña	Persona	50
Vivienda unifamiliar	Persona	60
Casa de huéspedes	Persona	40
Pensiones	Persona	50
Pensiones con comedor	Persona	60
Hoteles (habitaciones dobles)	Persona	60
Restaurante por cliente	Persona	10
Piscinas	Persona	10
Moteles	Persona	50
Cines – Teatros	Persona	5
Estación de autoservicio x auto.	Auto	10
Hosterías	Persona	50
Colegios	Persona	15
Colegios con servicios de comida	Persona	25
Oficinas	Persona	15
Residencias de Lujo	Persona	150
Hospitales (por cama)	Cama	200
Clínicas ambulatorias	Persona	75
Fábricas x pers. x turno	Persona	35
Club campestre	Persona	100
Aeropuertos por pasajero	Persona	5
Autoservicio de lavandería	Persona	50
Consultorios médicos	Persona	20
Centro comercial por baterías	Baterías	400

Fuente: J. Mueller, Plumbing Desing and Installation Details, The McGraw-Hill, 1987, 51p.

2.2.1.2 Tubería y materiales.

Las tuberías se pueden dividir en tubería principal, que es la tubería horizontal que conduce el agua a los montantes, que son tuberías verticales que llevan el agua a las distintas plantas del edificio. Las tuberías horizontales que conducen el agua de los montantes hasta los grifos son los ramales.

Los materiales que más se utilizan para tubería y accesorios son:

- **Acero Galvanizado:** Los tubos tienen el Standard de rosca americana National Pipe Thread (NPT). El acero galvanizado, Cédula 40, es usado para instalaciones relativamente económicas, difícil para trabajar debido

al peso y sufre de una tendencia a la obstrucción debido a los depósitos minerales que se forman en el interior de la tubería. Es también extremadamente duradero. la tubería de acero ennegrecido laqueado es el material más ampliamente utilizado en tuberías para los sistemas contra incendios.

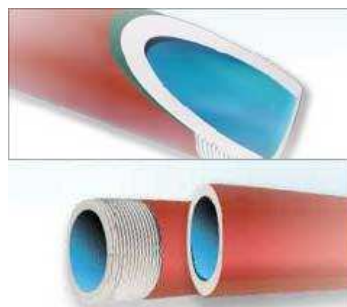
Figura 2.1 Tubería de Acero Galvanizado.



Fuente: Catálogo de Grupo Provi.

- **Plástico:** La tubería plástica es ampliamente usada para el abastecimiento y drenaje de agua, basura, y tubería de respiradero (DWV). Por ejemplo, el cloruro de polivinilo (PVC), el cloruro de polivinilo tratado con cloro (CPVC), el polypropylene (PP), el polybutlyeno (PB), y el polietileno (el PE). Como características tienen el poco peso, coeficiente de rozamiento bajo, uniones roscadas fáciles de hacer, inmune a la corrosión, el problema es que en caso de incendio generan vapores tóxicos,

Figura 2.2 Tubería de Polipropileno.



Fuente: Catálogo de Plastigama.

- **Cobre:** Las tuberías de cobre se clasifican según el espesor en el “tipo K”, el “tipo L” y el “tipo M”; El tipo “M” es relativamente barato y de paredes relativamente delgadas y generalmente conveniente para el condensado y otro drenaje, pero generalmente ilegal para los usos de la presión, el tipo “L” tiene una sección de pared más gruesa, y se utiliza para el abastecimiento y la presión de agua en residenciales y edificios comerciales, el tipo “K” tiene la sección de pared más gruesa de los tres tipos de tubería de presión clasificadas y es de uso general para las tuberías subterráneas de profundidad tal como aceras y calles inferiores, con una capa conveniente de protección anti-corrosivo o una manga continua del polietileno según los requisitos de código. Generalmente, los tubos de cobre se sueldan directamente en los accesorios de cobre o de latón.

Figura 2.3 Tubería de Cobre.



Fuente: Catálogo Kiwi.

- **Acero Inoxidable:** La Tubería de acero inoxidable es utilizada con éxito en procesos donde los fluidos corrosivos tienen condiciones que la tubería de acero al carbón no soporta. También en procesos alimenticios o farmacéuticos en donde es necesario que la tubería tenga un acabado especial “sanitario” y que cumpla con las normas especiales que la industria que produce artículos de consumo humano necesita. Por otro

lado la tubería de acero inoxidable es utilizado en procesos de uso de gases y oxígeno y a alta presión además de procesos de alta y ultra alta pureza en la industria.

Figura 2.4 Tubería de Acero Inoxidable.



Fuente: Catálogo Kubic-Conduit

Los objetivos en el diseño de un sistema de suministro de agua para edificios son asegurar un adecuado suministro de agua a todos los aparatos sanitarios todo el tiempo con un dimensionamiento económico de la tubería. Para lograr esto se debe estimar lo más acertadamente posible la probable demanda de agua en cada tramo del sistema. Para estimar la demanda de agua, se debe tener en cuenta la demanda que necesita cada aparato sanitario para funcionar correctamente, el tiempo de uso de este aparato y su frecuencia de uso.

Para estimar la demanda de agua potable en el edificio, se ha tomado como referencia el Método de Roy B. Hunter (WFSU, Water Supply Fixture Units, Unidades de Suministro Agua). El procedimiento se basa en la suma de las Unidades de Suministro Agua de cada aparato sanitario, haciendo referencia a la tabla 2.2, para obtener unas Unidades de Suministro Agua total y lograr un equivalente de consumo en galones por minuto usando la tabla 2.3 de estimación de la demanda.

Tabla 2.2 Valores de Unidades de Suministro Agua.

Aparato	Tipo De Ocupación	Tipo De Control	Valores de cargas en unidades de suministro		
			FRIA	CALIENTE	FRIA Y CALIENTE
Baño Completo	Privado	Tanque	2,7	1,5	3,6
Baño Completo	Público	Válvula Flush	6	3	8
Tina	Privado	Grifos	1	1	1,4
Tina	Público	Grifos	3	3	4
Bidé	Privado	Grifos	1,5	1,5	2
Aparatos Combinados	Privado	Grifos	2,25	2,25	3
Maquina Lavaplatos	Privado	Automático	0	1,4	1
Fuente De Agua Potable	Público	Válvula 3/8"	0,25	0	0,25
Fregadero Cocina	Privado	Grifos	1	1	1,4
Fregadero Cocina	Público	Grifos	3	3	4
Fregadero Hotel Restaurante	Privado	Grifos	3	3	4
Lavadero De Ropa	Privado	Grifos	1	1	1,4
Lavamanos	Privado	Grifos	0,5	0,5	0,7
Lavamanos	Público	Grifos	1,5	1,5	2
Fregadero Servicio Oficinas	Público	Grifos	2,25	2,25	3
Ducha	Privado	Válvula De Mezcla	1	1	1,4
Ducha	Público	Válvula De Mezcla	3	3	4
Urinario Válvula Flush 1"	Público	Válvula Flush 1"	10	0	0
Urinario Válvula Flush ¾"	Público	Válvula Flush ¾"	5	0	0
Urinario Tanque	Público	Tanque	3	0	0
Lavadora 8lb	Privado	Automático	1	1	1,4
Lavadora 8lb	Público	Automático	2,25	2,25	3
Lavadora 15lb	Público	Automático	3	3	4
Inodoro Válvula Flush	Privado	Válvula Flush	6	0	6
Inodoro Tanque	Privado	Tanque	2,2	0	3
Inodoro Tanque	Público	Válvula Flush	10	0	5
Inodoro Válvula Flush	Público	Tanque	5	0	10
Inodoro Tanque Fluxómetro	Privado/Público	Tanque Fluxómetro	2	0	2

Fuente: International Plumbing Code, 2006, pp. 124 - 126.

Tabla 2.3 Estimación de la demanda.

PREDOMINANTE TANQUES FLUSH			PREDOMINANTE VALVULAS FLUSH		
Carga	Demanda	Demanda	Carga	Demanda	Demanda
WSFU	(GPM)	(LPM)	WSFU	(GPM)	(LPM)
1	3,00	11,36	—	—	—
2	5,00	18,93	—	—	—
3	6,50	24,61	—	—	—
4	8,00	30,28	—	—	—
5	9,40	35,58	5	15,00	56,78
6	10,70	40,50	6	17,40	65,87
7	11,80	44,67	7	19,80	74,95
8	12,80	48,45	8	22,20	84,04
9	13,70	51,86	9	24,60	93,12
10	14,60	55,27	10	27,00	102,21
11	15,40	58,30	11	27,80	105,23
12	16,00	60,57	12	28,60	108,26
13	16,50	62,46	13	29,40	111,29
14	17,00	64,35	14	30,20	114,32
15	17,50	66,24	15	31,00	117,35
16	18,00	68,14	16	31,80	120,38
17	18,40	69,65	17	32,60	123,40
18	18,80	71,17	18	33,40	126,43
19	19,20	72,68	19	34,20	129,46
20	19,60	74,19	20	35,00	132,49
25	21,50	81,39	25	38,00	143,85
30	23,30	88,20	30	42,00	158,99
35	24,90	94,26	35	44,00	166,56
40	26,30	99,56	40	46,00	174,13
45	27,70	104,86	45	48,00	181,70
50	29,10	110,16	50	50,00	189,27
60	32,00	121,13	60	54,00	204,41
70	35,00	132,49	70	58,00	219,55
80	38,00	143,85	80	61,20	231,67
90	41,00	155,20	90	64,30	243,40
100	43,50	164,66	100	67,50	255,51
120	48,00	181,70	120	73,00	276,33
160	57,00	215,77	160	81,00	306,62
140	52,50	198,73	140	77,00	291,48
180	61,00	230,91	180	85,50	323,65
200	65,00	246,05	200	90,00	340,69
225	70,00	264,98	225	95,50	361,51
250	75,00	283,91	250	101,00	382,33
275	80,00	302,83	275	104,50	395,57
300	85,00	321,76	300	108,00	408,82
400	105,00	397,47	400	127,00	480,75
500	124,00	469,39	500	143,00	541,31
750	170,00	643,52	750	177,00	670,02
1.000	208,00	787,36	1.000	208,00	787,36
1.250	239,00	904,71	1.250	239,00	904,71
1.500	269,00	1018,27	1.500	269,00	1018,27

Fuente: International Plumbing Code, 2006, pp. 124 - 126.

El cálculo del diámetro de la tubería de agua potable se calcula en base al método de la velocidad del agua en la tubería, mediante la fórmula (2.1) de la velocidad en fluidos no compresibles, tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-9:

$$V = 21,22 \times \frac{Q}{d^2} \quad (2.1)$$

En donde:

V = velocidad, m/s.

Q = caudal, l/min.

d = diámetro tubería, mm.

para lo cual, con el consumo de agua obtenido en litros/minuto de cada habitación y un diámetro de tubería comercial inicial asignado de 12,7 milímetros o ½ pulgada, se obtiene una velocidad del agua en la tubería en esa habitación, que debe estar entre 1,1 y 2,4 metros por segundo, en caso de no ser así, se aumenta o disminuye el diámetro, para llegar finalmente a obtener una velocidad del agua que esté dentro de este margen. Para válvulas de cierre rápido es mejor mantener la velocidad del agua hasta 1,2 metros por segundo en la tubería que se conecta al aparato sanitario, con lo que se evita problemas de sobrepresión en esta tubería.

El objetivo es que en ningún punto de la tubería de agua potable, para un consumo determinado, el agua fluya a menos de 1,1 metros por segundo, lo cual indica un diámetro de tubería muy grande, con lo que se desperdicia material, o menos de 2,4 metros por segundo, lo cual indica un diámetro de tubería muy pequeño, ocasionando erosión, ruido, etc. El rango de velocidad del agua previamente descrito, toma en consideración factores como las pérdidas por fricción, por lo que dentro de este rango las pérdidas por fricción estarán dentro de lo adecuado.

Las pérdidas por fricción se dividen en pérdidas en tubería y en pérdidas en accesorios, estas se calculan desde el aparato sanitario más lejano, hasta las

bombas de presión, para la impulsión, y desde la cisterna de hasta las bombas de presión para la succión. La máxima pérdida por fricción admisible es de 9,79 kilopascales por cada metro de tubería.

2.2.1.3 Accesorios.

CODOS

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tantos grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Figura 2.5 Codo 90°.



Fuente: Catálogo Plastigama

Tipos: Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la prefabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- Codos estándar de 45°
- Codos estándar de 90°
- Codos estándar de 180°

TES

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Figura 2.6 Tee.



Fuente: Catálogo Plastigama

Tipos: Diámetros iguales o te de recta. Reductora con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

REDUCCIÓN

son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.

TIPOS.

Estándar concéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.

Estándar excéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje

Figura 2.7 Reducción.



Fuente: Catálogo Plastigama

UNIONES

Son accesorios para conectar tuberías entre sí.

Figura 2.8 Unión.

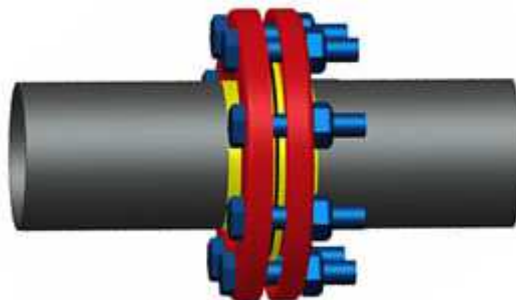


Fuente: Catálogo Plastigama

BRIDAS

Son accesorios para conectar tuberías con equipos (Bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.). La unión se hace por medio de dos bridas, en la cual una de ellas pertenece a la tubería y la otra al equipo o accesorio a ser conectado.

Figura 2.9 Unión Bridada.



Fuente: <http://www.fittexport.com>

La ventaja de las uniones bridadas radica en el hecho de que por estar unidas por espárragos, permite el rápido montaje y desmontaje a objeto de realizar reparaciones o mantenimiento.

2.2.1.4 Válvulas.

Válvula de Compuerta

La válvula de compuerta supera en número a los otros tipos de válvulas en servicios en donde se requiera circulación ininterrumpida y poca caída de presión. Las válvulas de compuerta no se recomiendan para servicios de estrangulación, porque la compuerta y el sello tienden a sufrir erosión rápida cuando restringen la circulación y producen turbulencia con la compuerta parcialmente abierta.

Figura 2.10 Válvula de compuerta.



Fuente: Catálogo Demaco S.A.

Cuando la válvula está abierta del todo, se eleva por completo la compuerta fuera del conducto del flujo, por lo cual el fluido pasa en línea recta por el conducto que suele tener el mismo diámetro que la tubería.

Las características principales del servicio de las válvulas de compuerta incluyen: cierre completo sin estrangulación, operación poco frecuente y mínima resistencia a la circulación.

Válvulas de Globo

Se usan para cortar o regular el flujo del líquido y este último es su uso principal.

Figura 2.11 Válvula de globo.



Fuente: Catálogo Calser S.A.

Las principales características de los servicios de estas válvulas es que incluyen operación frecuente, estrangulamiento al grado deseado de cualquier flujo, para gases y aire, y alta resistencia y caída tolerable de presión en la línea.

Válvulas de Mariposa

Son uno de los tipos más usuales y antiguos que se conocen. Son sencillas, ligeras y de bajo costo. El costo de mantenimiento también es bajo porque tienen un mínimo de piezas móviles. El uso principal de las válvulas de mariposa es para servicio de corte y de estrangulación cuando se manejan grandes volúmenes de gases y líquidos a presiones relativamente bajas.

Figura 2.12 Válvula de mariposa.



Fuente: Catálogo Proinservi.

Válvulas de Bola

Son básicamente válvulas de macho modificadas. No son satisfactorias para estrangulación, son de rápida operación de fácil mantenimiento, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión es función del tamaño del orificio.

Figura 2.13 Válvula de bola.



Fuente: Catálogo Demaco S.A.

Válvula de retención (check)

Las válvulas de retención son integrales y se destinan a impedir la inversión del flujo en una tubería. La presión del fluido circulante abre la válvula; el peso del mecanismo de retención y cualquier inversión en el flujo la cierran. Los discos y componentes móviles pueden estar en movimiento constante si la fuerza de la velocidad no es suficiente para mantenerlas en su posición estable de apertura total.

Figura 2.14 Válvula de retención.



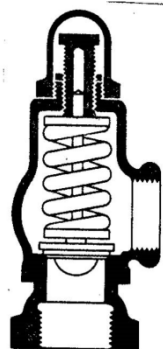
Fuente: Catálogo Calser S.A.

Válvula de Desahogo

Una válvula de desahogo es un dispositivo automático para desahogo de la presión accionado por la presión estática corriente arriba de la válvula y que tiene apertura adicional con el aumento en la presión en relación con su funcionamiento. Su servicio principal es con líquidos.

El término válvula de desahogo se aplica en cualquier tipo de dispositivo para este fin. En términos estrictos, se debe aplicar a una válvula diseñada para servicios con líquidos; casi todas estas válvulas son pequeñas.

Figura 2.15 Válvula de desahogo.



Fuente: <http://electroinstrumentacion.blogspot.com>

Las válvulas de desahogo se utilizan en la descarga de las bombas para la dilatación térmica del líquido en tuberías que se pueden obstruir o que están expuestas a la radiación solar u otras fuentes de calor. Estas válvulas no suelen ser adecuadas para servicio con polímeros porque éstos tienden a sedimentarse y a obstruir o pegar la válvula.

2.2.2 SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS Y PLUVIALES.

El Sistema de Aguas Servidas y Pluviales está constituido por el conjunto de tuberías destinadas a dar salida a las aguas sucias o de desecho del edificio. Este Sistema debe evacuar rápidamente las aguas, impedir el paso de olores o microbios al interior del edificio y deben resistir la acción corrosiva de las aguas vertidas en ellas.

Las partes principales de una red de evacuación de aguas son:

- Tubería y accesorios de evacuación de aguas,
- Sifones (impide que el aire de la red de evacuación pase al interior del edificio),
- Tubería y accesorios de ventilación.

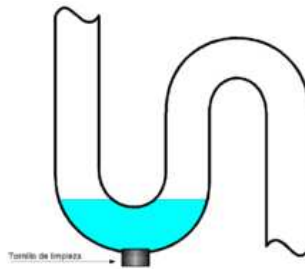
2.2.2.1 Tubería de evacuación de aguas.

Las derivaciones son las que enlazan los aparatos sanitarios con los bajantes, que son las tuberías verticales de evacuación. Los colectores son las tuberías horizontales que recogen el agua de los bajantes y la llevan a la alcantarilla general exterior.

2.2.2.2 Sifones.

El sifón tiene por objeto evitar que pasen al interior del edificio las emanaciones procedentes de la red de evacuación, al mismo tiempo debe permitir un paso fácil de las materias sólidas en suspensión en el agua, sin que estas queden retenidas obstruyendo el sifón. El sistema generalmente usado consiste en un cierre hidráulico.

Figura 2.16 Sifón.



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sif%C3%B3n>

Cuando un inodoro, por ejemplo, en un piso alto es descargado, el agua de descarga llena un sector del bajante, formando un pistón hidráulico, que al bajar comprime el aire situado debajo. Esta presión afecta a los aparatos sanitarios situados debajo del inodoro creando una presión que podría empujar el agua de estos aparatos, perdiendo el cierre hidráulico e ingresar olores fétidos al edificio, esto se conoce como sifonamiento por compresión.

Lo contrario sucederá con el aire que queda en la parte superior que es enrarecido si el tubo de bajada no termina abierto por su extremo superior. Cada vez que este pistón hidráulico pasa rápido ante la boca de la derivación de un aparato, aspira el aire de este, produciendo una depresión que tiende a aspirar el agua del sifón, pudiendo vaciarlo, esto se conoce como sifonamiento por aspiración.

El autosifonamiento ocurre cuando la derivación de descarga del aparato es muy larga y de poca sección, el agua antes de pasar a la bajada general, puede llenar completamente el tubo de derivación, produciendo una aspiración que absorbe la última parte del agua descargada, que debería quedar en el sifón para formar el cierre hidráulico.

Para evitar estos fenómenos de sifonamiento, se debe disponer de una red de ventilación complementaria.

Para calcular la tubería de la red de evacuación se ha empezado por fijar una unidad que sirve para medir los gastos necesarios de los distintos aparatos sanitarios. Esta unidad de descarga es igual a 28 litros por minuto, que es el valor aproximado de descarga de un lavabo corriente.

Para el uso de los aparatos se establecen tres clases de instalaciones:

- Primera Clase (Privada): destinadas al uso por una persona o familia, puede ser una vivienda, cuarto de hotel, etc.
- Segunda Clase (Semipública): destinadas al uso limitado de personas que ocupan el edificio, puede ser una oficina, fábrica, etc.
- Tercera Clase (Pública): destinadas al uso ilimitado de personas, pueden ser baños públicos, escuelas, etc.

La tabla 2.4 da los diámetros de las derivaciones de cada aparato sanitario.

Tabla 2.4 Diámetro de los sifones y las derivaciones.

Aparato	Unidades de Descarga			Diámetro Mínimo de Sifón y de la Derivación, en mm.		
	Clase			Clase		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º
Lavamanos	1	2	2	50	50	50
Inodoro	4	5	6	110	110	110
Bidé	3	4	4	50	50	50
Baño Completo	7	2	2	110	110	110
Ducha	2	3	3	75	75	75
Urinario	2	4	4	50	50	50
Fregadero Cocina	3	4	4	50	50	50
Fregadero Hotel, Restaurante	3	8	8	50	110	110
Lavadero de Ropa	3	3	6	50	50	50
Fuente de Agua Potable	1	1	1	50	50	50
Sumidero	3	3	3	50	50	50
Recogida de Aguas Lluvias, 10 cm/h, cada 17 m2.	1	3	3	50	50	50
Recogida de Aguas Lluvias, 20 cm/h, cada 8,5 m2.	1	3	3	50	50	50

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

Cuando una derivación sirve a varios aparatos, se llama derivación en colector, y para calcular su diámetro se utiliza la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Diámetro de las derivaciones en colector.

Diámetro de la derivación en colector, en mm.	Máximo Número de Unidades de Descarga		
	Pendiente: 1/100	Pendiente: 2/100	Pendiente: 4/100
50	1	1	1
50	2	2	2
50	5	6	8
75 (sin inodoro)	12	15	18
75 (sin inodoro)	24	27	36
75 (sin más de 2 inodoros)	15	18	21
110	84	96	114
160	180	234	280
160	330	440	580
200	870	1150	1680
250	1740	2500	3600
315	3000	4200	6500
400	6000	8500	13500

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

Para calcular las columnas de aguas servidas hay que sumar el gasto en unidades de descarga de todos los aparatos sanitarios que descargan en la columna. Las columnas de aguas lluvias se determinan en función de la superficie de cubierta. Para calcular los diámetros se utiliza la tabla 2.6. la tabla está calculada suponiendo que el agua llena la sección y para un régimen pluviométrico máximo de 10 centímetros por hora. Para otro régimen de lluvias bastará multiplicar los valores de superficie de cubierta dada por la relación R:10, donde R es el régimen pluviométrico máximo en centímetros por hora. La distancia a que se colocan estas columnas en los edificios suele ser de 20 m.

Tabla 2.6 Diámetro de las columnas de aguas servidas y aguas lluvias.

Diámetro de la columna, en mm.	Columnas de Aguas Servidas			Columnas de Aguas Lluvias	Diámetro de la columna, en mm.
	Máximo Número de Unidades		Máxima longitud de la columna	Área de Cubierta (Proyección Horizontal), en m ² . RP:10cm/h	
	Cada planta	En toda la columna			
50	3	8	18	Hasta 8	50
50	8	18	27	9 a 25	50
75	20	36	31	26 a 75	75
75	45	72	64	76 a 170	75
110	190	384	91	171 a 335	110
160	350	1020	119	336 a 500	160
160	540	2070	153	501 a 1000	160
200	1200	5400	225	-	200

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

La altura de la columna también influye en el diámetro de la misma, para una altura grande hay que aumentar el diámetro para facilitar el flujo de aire. En cuanto a la velocidad de caída del agua, esta no alcanza un valor excesivo, debido a la resistencia por rozamiento.

Los canalones se calculan utilizando la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Diámetro de los canalones de aguas servidas y aguas lluvias.

Diámetro del canalón, en mm.	Área de Cubierta (Proyección Horizontal), en m ² .
75	Hasta 8
110	9 a 25
110	26 a 75
160	76 a 170
160	171 a 335
200	336 a 500
250	501 a 1000

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

La tabla 2.8 permite calcular los diámetros de los colectores para aguas servidas y aguas lluvias. La tabla está calculada suponiendo que el agua llena la sección y para un régimen de lluvias máximo de 10 centímetros. por hora. Para otro régimen de lluvias bastará multiplicar los valores de superficie de cubierta dada por la relación R:10, donde R es el régimen pluviométrico máximo en centímetros por hora.

Tabla 2.8 Diámetro de los colectores de aguas servidas y aguas lluvias.

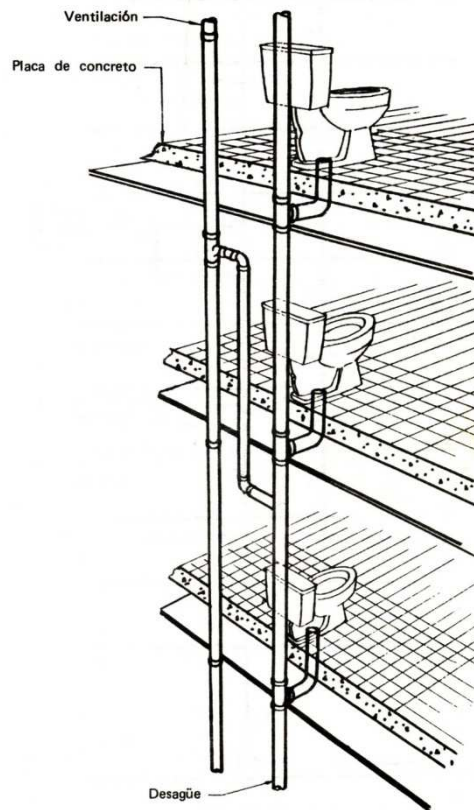
Diámetro del colector, en mm.	Colectores de Aguas Servidas			Colectores de Aguas Lluvias			Diámetro del colector, en mm.
	Máximo Número de Unidades de Descarga			Área de Cubierta (Proyección Horizontal), en m ²			
	Pendiente: 1/100	Pendiente: 2/100	Pendiente: 4/100	Pendiente: 1/100	Pendiente: 2/100	Pendiente: 4/100	
50	1	1	1	8	12	17	50
50	2	2	3	13	20	27	50
50	7	9	12	28	41	58	50
75	17	21	27	50	74	102	75
75	27	36	48	80	116	163	75
110	114	150	210	173	246	352	110
160	270	370	540	307	437	618	160
160	510	720	1050	488	697	995	160
200	1290	1860	2640	1023	1488	2065	200
250	2520	3600	5250	1814	2557	3720	250
315	4390	6300	9300	3022	4231	6090	315

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

2.2.2.3 Tubería de ventilación.

Las tuberías de ventilación acometen a la red de evacuación, cerca de los sifones, estableciendo una comunicación con el aire exterior. Consta de derivaciones que salen de los aparatos, que deben tener cierta pendiente para dar salida por los tubos de descarga al agua de condensación que puede formarse en su interior. Las derivaciones se enlazan con las columnas, que deben tener el mismo diámetro en toda la altura.

Figura 2.17 Tubería de ventilación.



VENTILACION EN VARIOS NIVELES
DE UN EDIFICIO

Fuente: <http://arquis-tc1.blogspot.com>

Un tubo de ventilación correspondiente a un solo aparato debe tener el mismo diámetro que la derivación de descarga de aquel, considerando en primera clase, hasta el máximo de 50 milímetros. En inodoros será de 50 milímetros.

El tubo de descarga y el de ventilación deben formar un mismo conducto, en el cual injerta el sifón del aparato.

Si las derivaciones singulares son recogidas en otra derivación, el diámetro de esta se determina en función de las unidades de descarga de todos los aparatos que sirve. Para calcular los diámetros se utiliza la tabla 2.9.

Tabla 2.9 Diámetro de las derivaciones de ventilación.

Grupo de Aparatos sin Inodoros		Grupo de Aparatos sin Inodoros	
Unidades de Descarga	Diámetro de la Ventilación	Unidades de Descarga	Diámetro de la Ventilación
1	50	Hasta 17	50
2 a 8	50	18 a 36	75
9 a 18	50	37 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

El diámetro de la columna de ventilación se determina en función del diámetro de la columna de descarga a que corresponde, del total de unidades de descarga a que sirve y de la longitud que ha de tener la columna misma. Para calcular los diámetros se utiliza la tabla 2.10.

Tabla 2.10 Diámetro de las columnas de ventilación.

Diámetro de la Columna de Descarga, en mm.	Número de Unidades de Descarga	Diámetro de las Columnas de Ventilación								
		1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	4"	6"	8"
		Máxima Longitud de la Columna de Ventilación, en m.								
50	1	14								
50	Hasta 8	10	18							
50	Hasta 18	9	15	27						
75	Hasta 36	8	14	23	31					
75	Hasta 12		10	36	55	64				
75	Hasta 18		6	21	55	64				
75	Hasta 24		4	15	40	64				
75	Hasta 36		2,5	11	28	64				
75	Hasta 48		2	10	24	64				
75	Hasta 72		1,8	8	20	64				
110	Hasta 24			8	33	61	91			
110	Hasta 48			5	20	34	91			
110	Hasta 96			4	14	25	91			
110	Hasta 144			3	11	21	91			
110	Hasta 192			2,5	9	18	85			
110	Hasta 264			2	6	16	73			
110	Hasta 384			1,5	5	14	61			
160	Hasta 72				12	20	76	119		
160	Hasta 144				9	14	54	119		
160	Hasta 288				6	10	37	119		
160	Hasta 432				5	7	28	97		
160	Hasta 720				3	5	21	67		
160	Hasta 1020				2,4	4	17	55		
160	Hasta 144					8	31	104	153	
160	Hasta 288					6	21	67	153	
160	Hasta 576					3	13	46	128	
160	Hasta 864					2	10	38	97	
160	Hasta 1296					1,8	8	28	73	
160	Hasta 2070					1,2	8	22	57	
200	Hasta 320						13	44	122	225
200	Hasta 640						9	25	79	225
200	Hasta 960						7	18	58	225
200	Hasta 1600						5	12	36	160
200	Hasta 2500						4	8	27	113
200	Hasta 4160						2	7	19	76
200	Hasta 5400						1,5	5	16	64

Fuente: M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.

2.2.2.4 Accesorios.

CODOS

Son accesorios de forma curva que se utilizan para cambiar la dirección del flujo de las líneas tanto grados como lo especifiquen los planos o dibujos de tuberías.

Figura 2.18 Codo 45° PVC.



Fuente: Catálogo Plastigama

Tipos: Los codos estándar son aquellos que vienen listos para la prefabricación de piezas de tuberías y que son fundidos en una sola pieza con características específicas y son:

- Codos estándar de 45°
- Codos estándar de 90°
- Codos estándar de 180°

TEES.

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Figura 2.19 Tee PVC.



Fuente: Catálogo Plastigama

Tipos: Diámetros iguales o tee reducida con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

YEES.

Son accesorios que se fabrican de diferentes tipos de materiales, aleaciones, diámetros y se utiliza para efectuar fabricación en líneas de tubería.

Figura 2.20 Yee PVC.



Fuente: Catálogo Plastigama

Tipos: Diámetros iguales o yee reducida con dos orificios de igual diámetro y uno desigual.

REDUCCIÓN

Son accesorios de forma cónica, fabricadas de diversos materiales y aleaciones. Se utilizan para disminuir el volumen del fluido a través de las líneas de tuberías.

TIPOS.

Estándar concéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.

Estándar excéntrica. Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido en la línea aumentando su velocidad perdiendo su eje

Figura 2.21 Reducción PVC.



Fuente: Fuente: Catálogo Plastigama

UNIONES

Figura 2.22 Unión PVC.



Fuente: Fuente: Catálogo Plastigama

Son accesorios para conectar tuberías entre sí.

2.3 CODIGOS Y NORMAS

2.3.1 NORMAS.

Las Normas tienen por objetivo regular para resguardar los derechos y aumentar el bienestar de los ciudadanos, estas son obligatorias.

Los Reglamentos recurren a las Normas para determinar las pautas de desempeños de los materiales, componentes y equipos, formando un conjunto

racional. Son convenientes las referencias en los Reglamentos a los números y títulos de las Normas, pues sus textos y requisitos se van actualizando en las sucesivas revisiones.

a) ASTM: American Society for Testing and Materials.

- Tubería de Acero: ASTM A72, A120.
- Tubería de Cobre: ASTM B88.
- Tubería de Plástico: PE (ASTM D2104), ABS (ASTM D1527), PVC (ASTM D1785).
- Accesorios de Hierro Maleable (\varnothing 1/4" a 2"): ASTM A197, ASA B16.3 .
- Accesorios de Hierro Fundido (\varnothing mayor a 2"): ASTM A126, ASA B16.1.
- Accesorios de Acero Forjado (\varnothing mayor a 2"): ASTM A234.
- Válvulas de Bronce (\varnothing 1/4" a 2"): ASTM B62.
- Válvulas de Fundición de Acero al Carbón (\varnothing mayor a 2"): ASTM A216.

b) INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización.

- Tubería de Plástico: PVC presión INEN 1373, INEN 2497, INEN 1744.
- Tubería de Plástico: PVC desagüe INEN 1374, INEN 1329, INEN 1331.
- Tubería de Plástico: PVC ventilación INEN 2474.
- Griferías y llaves: INEN 968.
- Colores tubería: INEN 440.

2.3.2 CODIGOS.

Los Códigos hacen referencias a las Normas, pues reconocen su principal virtud de haber sido elaboradas y aprobadas, tras largos estudios con la participación de todas las partes involucradas.

- APC: American Plumbing Code.
- NPC: Nacional Plumbing Code.

2.4 SISTEMA DE PRESION

Un Sistema de Presión, está compuesto por una o varias bombas, que darán el caudal y la presión necesarios para que los aparatos sanitarios y grifos, puedan funcionar de forma correcta. La bomba sola no resultaría práctica, pues estaría sujeta a variaciones importantes de gasto y presión, por este motivo se instalan como complemento, Tanques Hidroneumáticos y Tanques Precargados que sirven para compensar o regular las fluctuaciones del consumo y permiten un gasto constante en la bomba mientras que esta actúa.

Para escoger la bomba más indicada para el Sistema de Presión se deben tener en consideración las siguientes características:

- Tipo: La bomba centrífuga es la más utilizada hoy en día, su funcionamiento se basa en que el líquido que ingresa se dirige al centro del impulsor y por medio de la fuerza centrífuga se arroja hacia la periferia, siendo expulsado hacia fuera de la bomba. Las bombas de caudal radial y de caudal mixto son las más utilizadas. Para aumentar la presión de descarga de la bomba, una bomba puede tener una o varias etapas conectadas en serie.
- Cauda (Q): Cantidad de líquido, generalmente volumen, que pasa a través de una bomba en un período de tiempo determinado.
- TDH: Altura Dinámica Total, es la suma de la distancia vertical desde el eje de la bomba hasta la altura mas alta que alcanza el líquido que va a ser bombeado, más la suma de la distancia vertical desde la cisterna hasta el eje de la bomba, más las pérdidas por rozamiento en la succión y aspiración.

- NPSH: Altura de Aspiración Neta Positiva, indica hasta que grado la bomba no es capaz de crear un vacío absoluto. El NPSH Requerido es una característica de la bomba, mientras que el NPSH Disponible se calcula.
- Cavitación: Burbujas de vapor que dañan los impulsores, producen vibración y ruido, aparece cuando la presión en la aspiración es inferior a la presión de vapor del líquido. Se produce cuando el NPSH Disponible es menor que el NPSH Requerido.
- Curvas Características de la Bomba: La Curva Q-H muestra la altura que puede conseguir la bomba para un caudal dado. El área de trabajo no debe encontrarse muy a la derecha.
- Bombas conectadas en Paralelo: Se utiliza cuando el caudal de agua demandado es grande y variable. Generalmente las bombas son del mismo tipo, la altura de bombeo total es la misma que tiene cada bomba, el caudal total es la suma del caudal que entrega cada bomba.
- Bombas conectadas en Serie: Se utiliza cuando la presión necesaria es muy alta. Generalmente las bombas son del mismo tipo, la altura de bombeo total es la suma que tiene cada bomba, el caudal total es el mismo caudal que entrega cada bomba.

El Sistema Hidroneumático utiliza un tanque cilíndrico que contiene aire, cuando la bomba introduce agua en este tanque, la cual proveniente de la cisterna, este comprime el aire en la parte superior, este aire comprimido actúa a su vez sobre el agua, aumentando la presión. Cuando el agua alcanza cierto nivel en el interior del tanque, se detiene la bomba, cuando desciende hasta otro determinado nivel, la bomba funciona de nuevo.

Los Sistemas Hidroneumáticos Precargados fueron ideados con el fin de mantener el volumen de aire constante dentro del tanque, al tiempo que se

separa el agua del aire comprimido mediante una membrana o bolsa de neopreno laminado.

En el sistema hidroneumático existe la dificultad de que el agua suministrada por las bombas siempre excede la demanda real, ya que las bombas se calculan tomando en cuenta el gasto máximo, cuando en la realidad la mayor parte del tiempo no se tenga tal gasto. El caudal y la presión que se entrega es siempre el máximo posible, sin importar si hay una o treinta llaves de agua abiertas, a través de un variador de frecuencia y un sensor de presión de agua, se mantiene la presión de salida constante sin importar el número de llaves o servicio que se utilicen, este sistema se denomina de Presión Constante

Figura 2.23 Sistema de Presión Constante.



Fuente: Catálogo Maquinarias Henríquez.

Para el cálculo del Sistema de Presión, se deben determinar:

- El aparato sanitario más lejano desde el Sistema de Presión.
- La presión mínima requerida por dicho aparato sanitario.

- La diferencia de altura entre el aparato sanitario más lejano y el Sistema de Presión.
- La diferencia de altura entre el Sistema de Presión y el punto de succión del agua para el suministro de agua potable.
- Las pérdidas totales por tubería y accesorios producidas para que el agua llegue al aparato sanitario más lejano.

Para calcular las pérdidas en tubería se utiliza la fórmula de Darcy (2.2), tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-3:

$$h_L = 22.950 \times f \times l \times \frac{Q^2}{d^5} \quad (2.2)$$

En donde:

h_L = Perdida de carga debido al flujo del fluido, m de H₂O.

f= factor de fricción.

L = longitud de la tubería, m.

Q = caudal, l/min.

d = diámetro tubería, mm.

Para obtener el Factor de Fricción f se utiliza la ecuación de Colebrook – White (2.3), la cual se aplica para régimen turbulento, también se puede utilizar la tabla 2.11, basada en la fórmula de Colebrook – White.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,869 \times \ln\left(\frac{e}{3,7d} + \frac{2,523}{Re \times \sqrt{f}}\right) \quad (2.3)$$

En donde:

f= factor de fricción.

d = diámetro tubería, mm.

Re = Número de Reynolds.

e = rugosidad absoluta.

Para obtener el Número de Reynolds se utiliza la ecuación (2.4).

$$Re = 22,22 \times \frac{Q \times \rho}{d \times \mu} \quad (2.4)$$

En donde:

Re = Número de Reynolds.

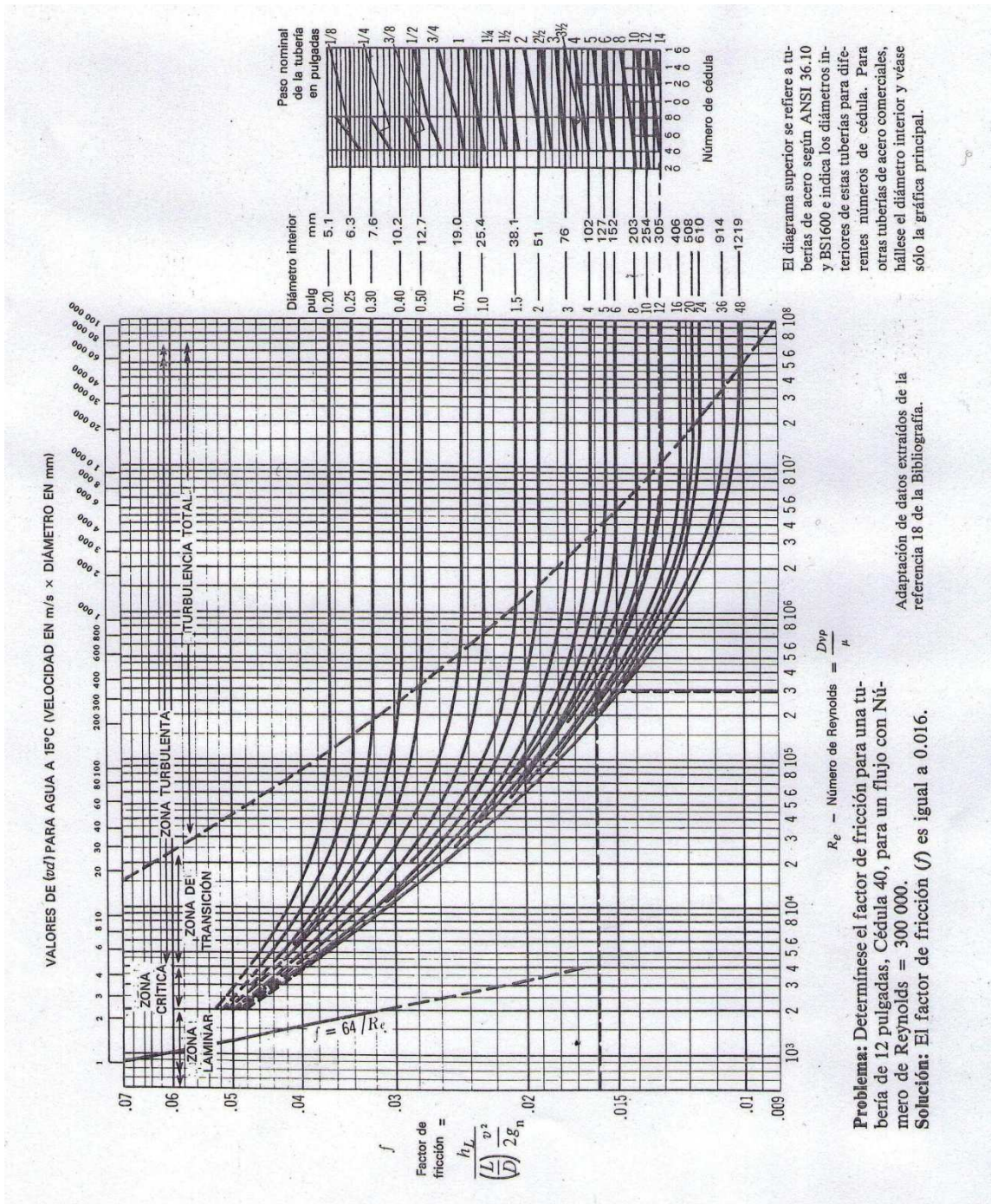
Q = caudal, l/min.

ρ = densidad del agua, kg/m³.

d = diámetro tubería, mm.

μ = viscosidad absoluta, centipoises.

Tabla 2.11 Factor de fricción.



Fuente: Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. A-44.

Las pérdidas en accesorios y válvulas se calculan utilizando la fórmula de Darcy (2.5), tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-5:

$$h_L = 22,96 \times K \times \frac{Q^2}{d^4} \quad (2.5)$$

En donde:

h_L = Pérdida de carga debido al flujo del fluido, m de H₂O.

K= coeficiente de resistencia.

Q = caudal, l/min.

d = diámetro tubería, mm.

Para obtener el coeficiente de resistencia K se utilizan las tablas 2.12, 2.13, 2.14, 2.15.

Tabla 2.12 Coeficientes de resistencia para accesorio y válvulas.

FACTORES DE FRICCIÓN PARA TUBERÍAS COMERCIALES, NUEVAS, DE ACERO, CON FLUJO EN LA ZONA DE TOTAL TURBULENCIA

Diámetro Nominal	mm	15	20	25	32	40	50	65, 80	100	125	150	200, 250	300-400	450-600
	pulg	½	¾	1	1¼	1½	2	2½, 3	4	5	6	8, 10	12-16	18-24
Factor de fricción (f_f)		.027	.025	.023	.022	.021	.019	.018	.017	.016	.015	.014	.013	.012

FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DEL FACTOR "K" PARA VÁLVULAS Y ACCESORIOS CON SECCIONES DE PASO REDUCIDO

Fórmula 1

$$K_2 = \frac{0.8 \left(\sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 2

$$K_2 = \frac{0.5 (1 - \beta^2) \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}}}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 3

$$K_2 = \frac{2.6 \left(\sin \frac{\theta}{2} \right) (1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 4

$$K_2 = \frac{(1 - \beta^2)^2}{\beta^4} = \frac{K_1}{\beta^4}$$

Fórmula 5

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Fórmula 1} + \text{Fórmula 3}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \sin \frac{\theta}{2} [0.8 (1 - \beta^2) + 2.6 (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

Fórmula 6

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}$$

$$K_2 = \frac{K_1 + 0.5 \sqrt{\sin \frac{\theta}{2}} (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2}{\beta^4}$$

Fórmula 7

$$K_2 = \frac{K_1}{\beta^4} + \beta (\text{Fórmula 2} + \text{Fórmula 4}), \text{ cuando } \theta = 180^\circ$$

$$K_2 = \frac{K_1 + \beta [0.5 (1 - \beta^2) + (1 - \beta^2)^2]}{\beta^4}$$

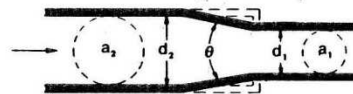
$$\beta = \frac{d_1}{d_2}$$

$$\beta^2 = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 = \frac{a_1}{a_2}$$

El subíndice 1 define dimensiones y coeficientes para el diámetro menor. El subíndice 2 se refiere al diámetro mayor.

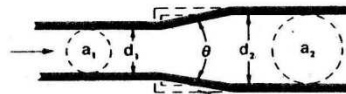
*Úse el valor de K proporcionado por el proveedor, cuando se disponga de dicho valor

ESTRECHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL



Si: $\theta < 45^\circ$ $K_2 = \text{Fórmula 1}$
 $45^\circ < \theta < 180^\circ$ $K_2 = \text{Fórmula 2}$

ENSANCHAMIENTO BRUSCO Y GRADUAL

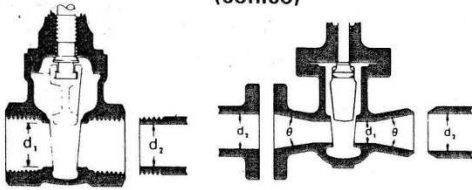


Si: $\theta < 45^\circ$ $K_2 = \text{Fórmula 3}$
 $45^\circ < \theta < 180^\circ$ $K_2 = \text{Fórmula 4}$

Fuente: Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. A-46.

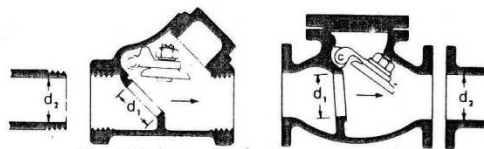
Tabla 2.13 Coeficientes de resistencia para accesorios y válvulas.

VÁLVULAS DE COMPUERTA
De cuña, de doble obturador o tipo macho (cónico)



Si: $\beta = 1, \theta = 0 \dots \dots \dots K_1 = 8 f_T$
 $\beta < 1$ y $\theta < 45^\circ \dots \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 5}$
 $\beta < 1$ y $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 6}$

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO OSCILANTE

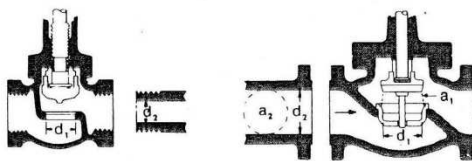


$K = 100 f_T$ $K = 50 f_T$

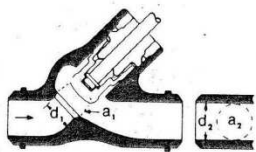
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador

(m/seg) = $45 \sqrt{V}$ = $75 \sqrt{V}$
 (pie/seg) = $35 \sqrt{V}$ = $60 \sqrt{V}$
 U/L Registradas = $120 \sqrt{V}$ = $100 \sqrt{V}$

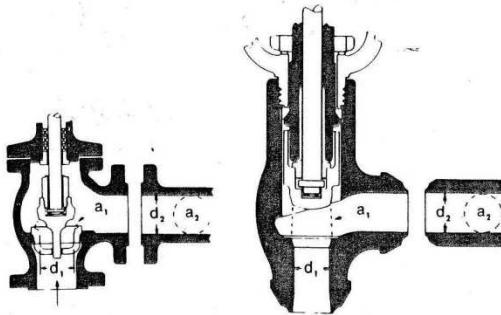
VÁLVULAS DE GLOBO Y ANGULARES



Si: $\beta = 1 \quad K_1 = 340 f_T$



Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$

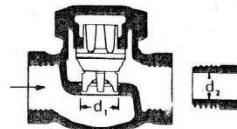


Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 150 f_T$ Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$

Todas las válvulas de globo y angulares con asiento reducido o de mariposa

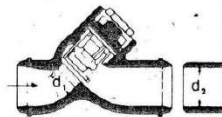
Si: $\beta < 1 \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE OBTURADOR ASCENDENTE



Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 600 f_T$
 $\beta < 1 \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$

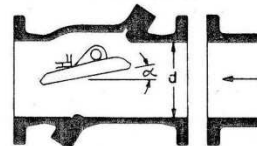
Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador = $50 \beta^2 \sqrt{V}$ m/seg $40 \beta^2 \sqrt{V}$ pie/seg



Si: $\beta = 1 \dots \dots K_1 = 55 f_T$
 $\beta < 1 \dots \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$

Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador = $170 \beta^2 \sqrt{V}$ m/seg $140 \beta^2 \sqrt{V}$ pie/seg

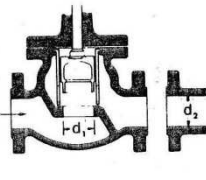
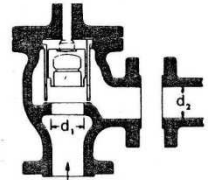
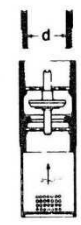
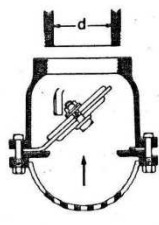
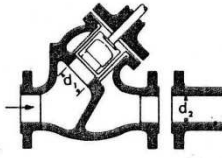
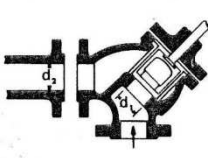
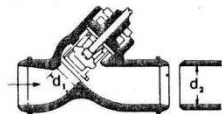
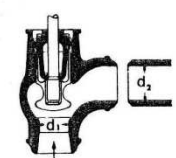
VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE DISCO BASCULANTE



Pasos	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 15^\circ$
50 mm (2") a 200 mm (8")	$K = 40 f_T$	$120 f_T$
250 mm (10") a 350 mm (14")	$K = 30 f_T$	$90 f_T$
400 mm (16") a 1200 mm (48")	$K = 20 f_T$	$60 f_T$
Velocidad mínima en la tubería para abrir totalmente el obturador = m/seg	$100 \sqrt{V}$	$40 \sqrt{V}$
pie/seg	$80 \sqrt{V}$	$30 \sqrt{V}$

Fuente: Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. A-47.

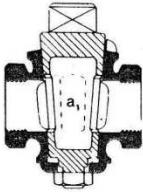
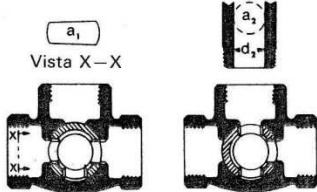
Tabla 2.14 Coeficientes de resistencia para accesorios y válvulas.

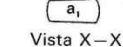
VÁLVULAS DE RETENCIÓN Y CIERRE (Tipos recto y angular)		VÁLVULAS DE PIE CON FILTRO Obturador ascendente Obturador oscilante	
			
Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 400 f_T$ $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador m/seg = $70 \beta^2 \sqrt{V}$ pie/seg = $55 \beta^2 \sqrt{V}$	Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 200 f_T$ $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador = $95 \beta^2 \sqrt{V}$ = $75 \beta^2 \sqrt{V}$	$K = 420 f_T$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador m/seg = $20 \sqrt{V}$ pie/seg = $15 \sqrt{V}$	$K = 75 f_T$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador = $45 \sqrt{V}$ = $35 \sqrt{V}$
		VÁLVULAS DE GLOBO	
Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 300 f_T$ $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$ velocidad mínima en la tubería para abrir totalmente el obturador m/seg = $75 \beta^2 \sqrt{V}$	Si: $\beta = 1 \dots K_1 = 350 f_T$ $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$ pie/seg = $60 \beta^2 \sqrt{V}$	Si: $\beta = 1, \theta = 0 \dots K_1 = 3 f_T$ $\beta < 1$ y $\theta < 45^\circ \dots K_2 = \text{Fórmula 5}$ $\beta < 1$ y $45^\circ < \theta < 180^\circ \dots K_2 = \text{Fórmula 6}$	
		VÁLVULAS DE MARIPOSA	
$\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T$ $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$ Velocidad mínima en la tubería para levantar totalmente el obturador mg/seg = $170 \beta^2 \sqrt{V}$	$\beta = 1 \dots K_1 = 55 f_T$ $\beta < 1 \dots K_2 = \text{Fórmula 7}$ (pie/seg) = $140 \beta^2 \sqrt{V}$	Diámetro 50 mm (2") a 200 mm (8") $\dots K = 45 f_T$ Diámetro 250 mm (10") a 350 mm (14") $\dots K = 35 f_T$ Diámetro 400 mm (16") a 600 mm (24") $\dots K = 25 f_T$	

Fuente: Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. A-48.

Tabla 2.15 Coeficientes de resistencia para accesorios y válvulas.

VÁLVULAS DE MACHO Y LLAVES


Paso directo  **tres entradas** 

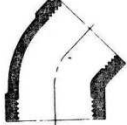
Vista X-X 

Si: $\beta = 1$, $K_1 = 18 f_T$ Si: $\beta = 1$, $K_1 = 30 f_T$ Si: $\beta = 1$, $K_1 = 90 f_T$

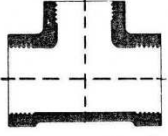
Si: $\beta < 1$ $K_2 = \text{Fórmula 6}$

CODOS ESTÁNDAR

90°  $K = 30 f_T$

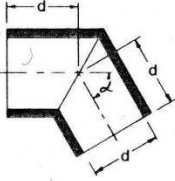
45°  $K = 16 f_T$

CONEXIONES ESTÁNDAR EN "T"



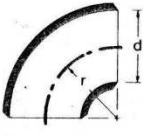
Flujo directo $K = 20 f_T$
 Flujo desviado a 90° .. $K = 60 f_T$

CURVAS EN ESCUADRA O FALSA ESCUADRA



α	K
0°	$2 f_T$
15°	$4 f_T$
30°	$8 f_T$
45°	$15 f_T$
60°	$25 f_T$
75°	$40 f_T$
90°	$60 f_T$

CURVAS Y CODOS DE 90° CON BRIDAS O CON EXTREMOS PARA SOLDAR A TOPE



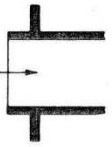
r/d	K	r/d	K
1	$20 f_T$	8	$24 f_T$
1.5	$14 f_T$	10	$30 f_T$
2	$12 f_T$	12	$34 f_T$
3	$12 f_T$	14	$38 f_T$
4	$14 f_T$	16	$42 f_T$
6	$17 f_T$	20	$50 f_T$

El coeficiente de resistencia K_B , para curvas que no sean de 90° puede determinarse con la fórmula:

$$K_B = (n - 1) \left(0.25 \pi f_T \frac{r}{d} + 0.5 K \right) + K$$

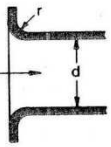
n = número de curvas de 90°
 K = coeficiente de resistencia para una curva de 90° (según tabla)

ENTRADAS DE TUBERÍA

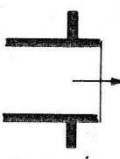
Con resalte hacia el interior  $K = 0.78$

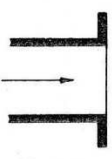
r/d	K
0.00*	0.5
0.02	0.28
0.04	0.24
0.06	0.15
0.10	0.09
0.15 y más	0.04


*de cantos vivos

A tope  Véanse los valores de K en la tabla

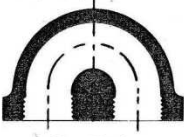
SALIDAS DE TUBERÍA

Con resalte  $K = 1.0$

De cantos vivos  $K = 1.0$

Redondeada  $K = 1.0$

CURVAS DE 180° DE RADIO CORTO



$K = 50 f_T$

Fuente: Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. A-49.

Las características para dimensionar el Sistema de Presión son:

- Caudal
- TDH.
- NPSH Disponible.
- Potencia requerida de la bomba.

Para obtener el TDH, se suman la presión necesaria para suministrar agua al aparato sanitario más lejano (tabla 2.16), las pérdidas por fricción en la impulsión y la succión, la altura de descarga más alta y la altura de succión.

Como regla general, la presión mínima requerida para aparatos sanitarios y grifos se establece en la tabla 2.16.

Tabla 2.16 Capacidad requerida por aparato sanitario.

Aparato	Demanda (GPM)	Presión mínima (PSI)
Tina	4,00	8,00
Bidé	2,00	4,00
Aparatos Combinados	4,00	8,00
Maquina Lavaplatos	2,75	8,00
Fuente De Agua Potable	0,75	8,00
Fregadero Residencial	2,50	8,00
Fregadero Hotel Restaurante	3,00	8,00
Lavadero De Ropa	4,00	8,00
Lavamanos	2,00	8,00
Ducha	3,00	8,00
Ducha con temperatura controlada	3,00	20,00
Urinario	15,00	15,00
Inodoro Válvula Flush	35,00	25,00
Inodoro Tanque	1,60	15,00

Fuente: International Plumbing Code, 2006, pp. 124 - 126.

El NPSH Disponible se calcula restando las diferencias de altura de succión e impulsión de la presión atmosférica del lugar a instalar la bomba.

La potencia hidráulica es la potencia que la bomba entrega al agua para el bombeo, se calcula con la fórmula (2.6), tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. B-33:

$$P_h = \frac{Q \times TDH \times \rho}{6.116 \times 10^3} \quad (2.6)$$

En donde:

P_h = potencia hidráulica, Kw.

Q = caudal, l/min.

TDH=altura dinámica total, m de H₂O.

ρ = densidad del líquido en kg/m³.

El valor comercial de la potencia de la bomba, es decir tomando en consideración el motor eléctrico y la transmisión, es un dato característico de la bomba, pero se puede estimar, según la fórmula (2.7), tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. B-33:

$$P = \frac{P_h}{\eta} \quad (2.7)$$

En donde:

P = potencia, Kw.

P_h = potencia hidráulica, Kw.

η =eficiencia de la bomba (0,65)

La eficiencia de la bomba se estima en un 65 por ciento, por seguridad, ya que este es el valor más bajo.

Para calcular el tamaño del Tanque Precargado, se necesita saber:

- Caudal de la Bomba.
- Tiempo de operación mínimo deseado (entre 1 minuto y 1,75 minutos).

- Presión de Arranque de la bomba, que es la presión requerida para el funcionamiento del Sistema.
- Presión de Parada de la bomba, que es la presión máxima de funcionamiento del Sistema, como mínimo 138 kilopascales sobre la Presión de Arranque.
- Factor de entrega.

El volumen mínimo total del tanque precargado se obtiene calculando el volumen de regulación con la fórmula (2.8), tomada del libro “Agua, Desagües y Gas para Edificaciones”, del autor Rafael Carmona:

$$Vol r = \frac{Q \times t}{8} \quad (2.8)$$

En donde:

Vol r= volumen de regulación, l.

Q = caudal, l/min.

t = tiempo de operación mínimo de la bomba, min.

El volumen de regulación es el volumen de agua acumulado en el tanque.

Para obtener el tiempo de operación mínimo, se utiliza la tabla 2.17.

Tabla 2.17 Tiempo de operación mínimo.

Potencia	Tiempo	ciclos/hora
hp	min	
1 - 3	1,2	50
3 - 5	1,8	33
5 - 7,5	2,0	30
7,5 - 15	3,0	20
15 - 30	4,0	15
Sobre 30	6,0	10

Fuente: Carmona, Agua, Desagües y Gas para Edificaciones, The ECOE ediciones, 2005, p. 39.

El volumen mínimo total del tanque precargado se obtiene con la fórmula (2.9), tomada del libro “Agua, Desagües y Gas para Edificaciones”, del autor Rafael Carmona:

$$Vol\ t = F \times Vol\ r \quad (2.9)$$

En donde:

Vol t= volumen del tanque, l.

F = factor

Vol r= volumen de regulación, l.

El factor F se calcula con la fórmula (2.10), tomada del libro “Agua, Desagües y Gas para Edificaciones”, del autor Rafael Carmona:

$$F = \frac{\frac{P_{off}}{P_{on}}}{\frac{P_{off}}{P_{on}} - 1} \quad (2.10)$$

En donde:

F = factor

P_{on} = Presión de encendido, m de H₂O.

P_{off} = Presión de apagado, m de H₂O.

En un Sistema de Presión Constante, la velocidad del motor varía en función de la demanda, por lo que cálculo del volumen del tanque precargado es diferente y se recomienda consultar el manual de instalación del equipo de Sistema de Presión Constante, en la mayoría de casos, algunos fabricantes como Goulds Pumps, recomienda que el volumen del tanque sea al menos el 20% del caudal total del sistema.

2.5 SISTEMA DE AGUA CALIENTE

El disponer de agua caliente es una necesidad básica en las instalaciones de agua potable. La temperatura de agua caliente recomendada a la salida del aparato sanitario es de 50 grados centígrados, para evitar quemaduras.

Los sistemas empleados son muy diversos y pueden ser:

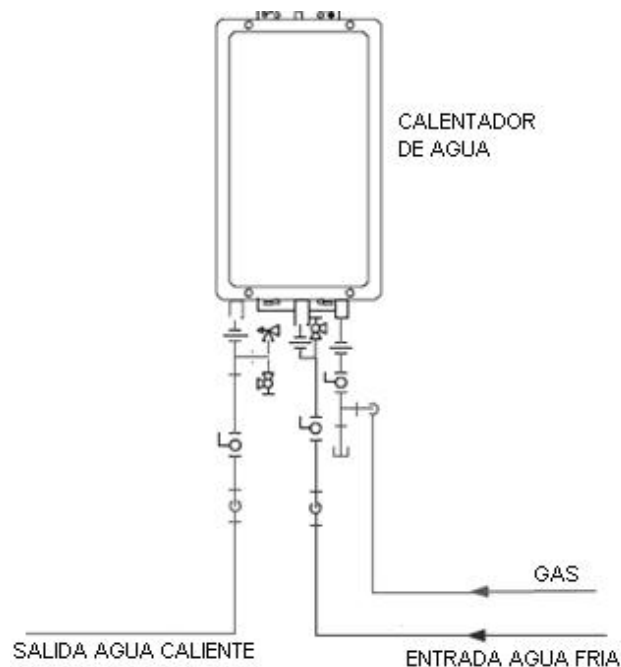
- Producción local de agua caliente: para cada vivienda o local de un edificio,
- Producción central de agua caliente: para todos los servicios del edificio.

El calentador de agua generalmente puede ser:

- Calentador a gas: calienta el agua mediante mecheros de gas.
- Calentador eléctrico: calienta el agua mediante una resistencia eléctrica.

El calentador de agua, debe situarse cerca del edificio, estar en un área ventilada, no con una temperatura muy baja y cerca de una tubería de gas, en caso de ser un calentador a gas.

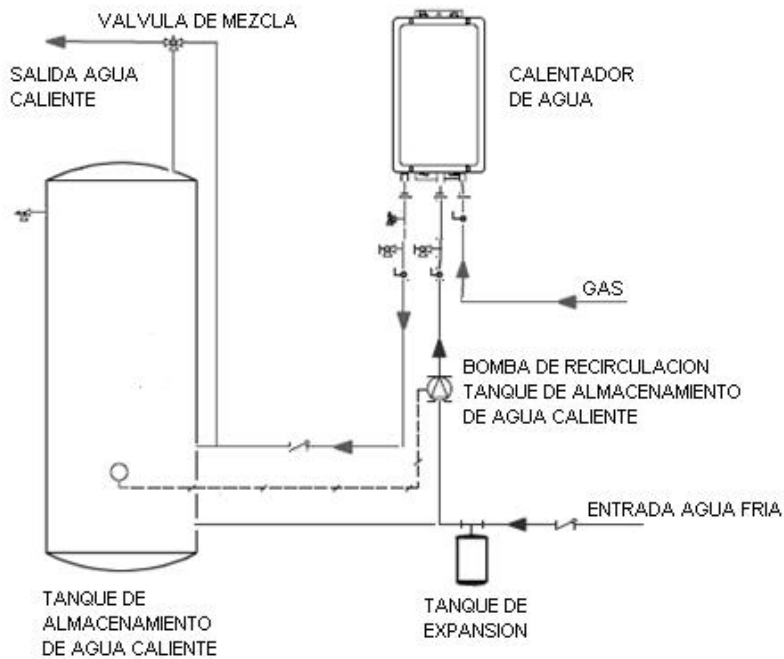
Figura 2.24 Calentador de Agua.



Fuente: Bradford White, On Demand Water Heater System Design Manual, 2009, pp. 1 – 40.

El Tanque de Almacenamiento es recomendado cuando la demanda de agua caliente no es constante, para controlar la bomba de circulación, se coloca un switch de temperatura o acuastato.

Figura 2.25 Calentador de agua con tanque de almacenamiento.



Fuente: Bradford White, On Demand Water Heater System Design Manual, 2009, pp. 1 – 40.

Cuando se calienta el agua, esta se expande, en un sistema cerrado o bloqueado por válvulas check, el volumen de agua crece y aumenta la presión con el riesgo de colapso en el tanque de agua caliente o la tubería, por estos motivos debe colocarse un Tanque de Expansión.

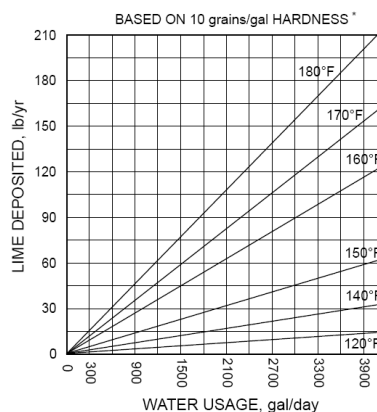
Figura 2.26 Tanque de expansión.



Fuente: Bradford White, On Demand Water Heater System Design Manual, 2009, pp. 1 – 40.

La dureza del agua debe ser considerada en el diseño del sistema, agua dura, sin tratamiento puede causar incrustaciones de cal en calentador de agua que pueden dañarlo, estas incrustaciones aumentan con el incremento de temperatura, como podemos observar en la figura 2.27, tomada de ASHRAE HANDBOOK, HVAC Applications, 1999, p. 48-7. Cuando la dureza es mayor de 2 gramos/litro, se necesita hacer un tratamiento del agua.

Figura 2.27 Relación de incrustaciones en el sistema con la temperatura y la demanda de agua.



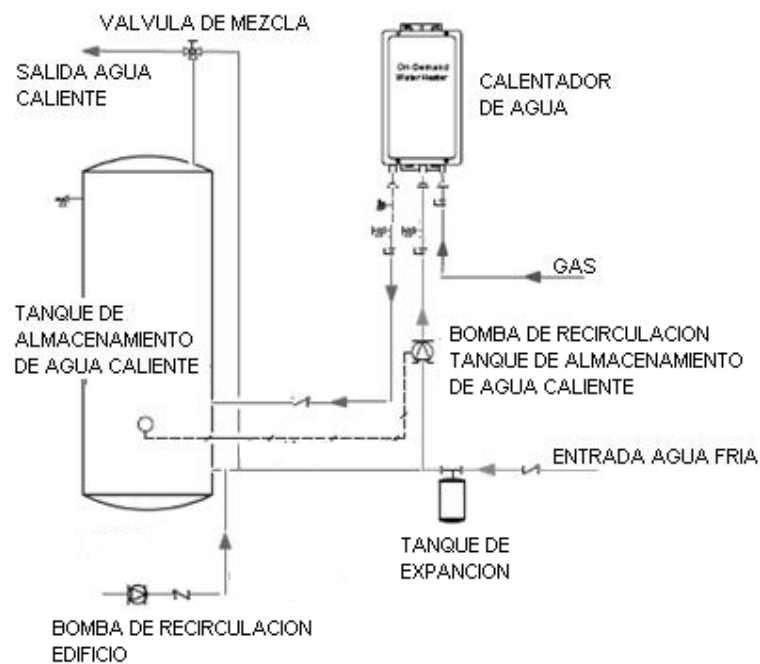
Fuente: ASHRAE, HVAC Applications, 1999, p. 48.13.

Los sistemas de ablandamiento de agua son costosos, por lo que generalmente, cuando es agua de proceso, que recircula permanentemente, como pueden ser las calderas de vapor, se utiliza un ablandador, mientras que para los

calentadores, que el agua pasa y se utiliza, generalmente no se instala un ablandador.

Cuando la longitud de la tubería de agua caliente, desde el calentador hasta el aparato sanitario más lejano es 30 metros, debe considerarse un sistema de recirculación del agua caliente, para que esta este disponible muy poco tiempo después de abrir un grifo de agua caliente. Para recircular el agua, se utiliza una bomba de recirculación.

Figura 2.28 Calentador de agua con tanque de almacenamiento y recirculación de agua.



Fuente: Bradford White, On Demand Water Heater System Design Manual, 2009, pp. 1 – 40.

Para establecer las características de un Sistema de Agua Caliente, que incluya recirculación y tanque de almacenamiento, se debe especificar:

- Potencia del Calentador,
- Tanque de Almacenamiento,
- Características bomba de recirculación del edificio,

- Características bomba de recirculación del tanque de almacenamiento,
- Tanque de expansión.

La potencia del calentador se determina en base a la fórmula (2.11), tomada del Manual de Ingeniería para sistemas de agua caliente de la empresa Bock:

$$P_c = \frac{\Delta T \times Q_c \times 8,25}{0,80} \quad (2.11)$$

En donde:

P_c = potencia del calentador, Btu/h.

ΔT = diferencia de temperatura entre agua caliente y agua fría, °F.

Q_c = caudal necesario, gpm.

Para obtener el caudal necesario (Q_c), se debe determinar un factor de demanda, que, multiplicándose por la demanda máxima de agua caliente, calculada anteriormente, obtendremos el caudal necesario (Q_c).

El volumen del tanque de almacenamiento de agua caliente (Vol), se obtiene multiplicando el caudal necesario (Q_c) por un factor de almacenamiento.

Para el cálculo de los factores de demanda y almacenamiento, se utiliza la tabla 2.18.

Tabla 2.18 Demanda de agua caliente.

Fixture	Apartment	Club	Gymnasium	Hospital	Hotel	Industrial Plant	Office Building	Private Residence	School	YMCA
1 Basins, private lavatory	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)	2(7.6)
2 Basins, public lavatory	4(15)	6(23)	8(30)	6(23)	8(30)	12(45.5)	6(23)	—	15(57)	8(30)
3 Bathtubs	20(76)	20(76)	30(114)	20(76)	20(76)	—	20(76)	—	30(114)	—
4 Dishwashers ^a	15(57)	50-150 (190-570)	—	50-150 (190-570)	50-200 (190-760)	20-100 (76-380)	—	15(57)	20-100 (76-380)	20-100 (76-380)
5 Foot basins	3(11)	3(11)	12(46)	3(11)	3(11)	12(46)	—	3(11)	3(11)	12(46)
6 Kitchen sink	10(38)	20(76)	—	20(76)	30(114)	20(76)	20(76)	10(38)	20(76)	20(76)
7 Laundry, stationary tubs	20(76)	28(106)	—	28(106)	28(106)	—	20(76)	—	28(106)	—
8 Pantry sink	5(19)	10(38)	—	10(38)	10(38)	—	10(38)	5(19)	10(38)	10(38)
9 Showers	30(114)	150(568)	225(850)	75(284)	75(284)	225(850)	30(114)	30(114)	225(850)	225(850)
10 Service sink	20(76)	20(76)	—	20(76)	30(114)	20(76)	20(76)	15(57)	20(76)	20(76)
11 Hydrotherapeutic showers	—	—	—	400(1520)	—	—	—	—	—	—
12 Hubbard baths	—	—	—	600(2270)	—	—	—	—	—	—
13 Leg baths	—	—	—	100(380)	—	—	—	—	—	—
14 Arm baths	—	—	—	35(130)	—	—	—	—	—	—
15 Sitz baths	—	—	—	30(114)	—	—	—	—	—	—
16 Continuous-flow baths	—	—	—	165(625)	—	—	—	—	—	—
17 Circular wash sinks	—	—	—	20(76)	20(76)	30(114)	20(76)	—	30(114)	—
18 Semicircular wash sinks	—	—	—	10(38)	10(38)	15(57)	10(38)	—	15(57)	—
19 Demand Factor	0.30	0.30	0.40	0.25	0.25	0.40	0.30	0.30	0.40	0.40
20 Storage capacity factor ^b	1.25	0.90	1.00	0.60	0.80	1.00	2.00	0.70	1.00	1.00

Fuente: ASHRAE, HVAC Applications, 1999, p. 48.16

Para dimensionar la bomba de recirculación del agua caliente, se necesita conocer:

- Pérdida de calor a lo largo de toda la tubería.
- Diferencia de temperatura aceptable entre el calentador de agua y el aparato más lejano.
-

Las pérdidas de calor en las tuberías se calculan usando la tabla 2.19. La diferencia de temperatura aceptable entre el calentador de agua y el aparato más lejano, normalmente es de 20 grados Fahrenheit.

Tabla 2.19 Pérdidas de calor.

Diámetro en pulg.	Hierro Galvanizado, Acero	Bronce, Cobre S.P.S. sin roscar	Cobre modelo L	Todos los tipos de tubería
	Btu/h/pie	Btu/h/pie	Btu/h/pie	Btu/h/pie
1/2	35	26	19	15
3/4	43	32	26	17
1	53	38	32	19
1 1/4	65	46	39	21
1 1/2	73	53	46	24
2	91	65	58	29
2 1/2	108	75	68	32
3	130	90	81	38
4	163	113	103	46

Fuente: Tyler G. Hicks, Plumbing Design and Installation Reference Guide, Primera ed., S.L., McGraw-Hill, 1986, p. 4-20.

Para calcular el caudal para la recirculación del agua caliente, se utiliza la fórmula (2.12), tomada de ASHRAE HANDBOOK, HVAC Applications, 1999, p. 48-4:

$$Q = \frac{q}{60 \times \rho \times C_p \times T} \quad (2.12)$$

En donde:

Q = caudal, gpm.

q = pérdida de calor en la tubería (tabla 2.19), Btu/h.

ρ = densidad del agua, 8,25 lb/gal.

C_p = calor específico del agua, 1 Btu/lb. °F.

T = diferencia de temperatura aceptable, °F.

El caudal de agua necesario para escoger la bomba de recirculación deberá ser de mínimo 3 gpm o el caudal calculado, la que sea mayor.

La presión mínima debe ser la necesaria para superar las pérdidas de presión en tuberías de suministro y retorno, tanque de almacenamiento y el calentador de agua.

El caudal de agua necesario para la bomba de recirculación entre el tanque de almacenamiento y el calentador puede ser mínimo de 22 litros por minuto. La presión mínima debe ser de 0,8 metros de agua.

La capacidad del Tanque de Expansión, es el 10 por ciento de la capacidad del calentador

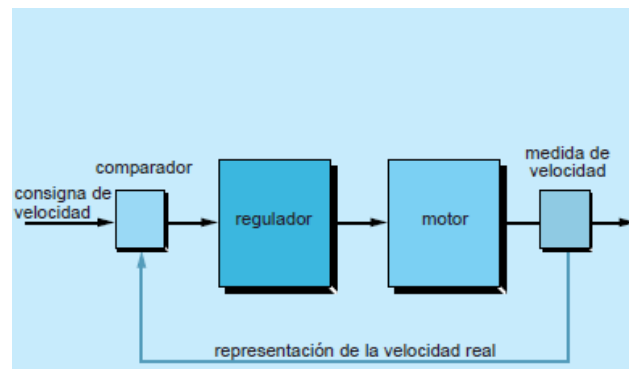
2.6 GENERALIDADES DEL SISTEMA DE ARRANQUE

Se define como arranque, la puesta en marcha de un determinado equipo, el sistema de arranque reúne los elementos necesarios para controlar y proteger los motores eléctricos. Los tipos de arranque para motores de corriente alterna pueden ser de varios tipos, siendo los más importantes:

- Arranque directo: se utiliza cuando el motor puede ser conectado directamente a la línea de comutada y no existe problemas en el sistema eléctrico el momento del arranque.
- Arranque magnético a tensión reducida: se utiliza cuando el motor no se puede conectar directamente a la línea de comutada porque causa perturbaciones en el sistema, generalmente para motores de más de 10 hp. Este arrancador puede ser estrella triángulo, por autotransformador, etc.

- El arranque suave: es un arranque limitado de torque que permite un arranque y parada suave.
- El arranque por variador de velocidad: permite variar la velocidad de rotación de un motor eléctrico, garantizando aceleración y desaceleración progresiva, permite adaptar la velocidad a las condiciones requeridas y mantiene un par constante a cualquier velocidad. El variador de velocidad tiene las siguientes protecciones: protección térmica para si mismo y para el motor, protección contra cortocircuito, protección contra sobre tensiones y caída de tensión y desequilibrio de fases.

Figura 2.29 Variador de Velocidad.



Fuente: Catálogo Schneider Electric Ecuador.

2.6.1 FUNCIONES DE LOS ARRANCADORES

- Seccionamiento: El seccionamiento aísla eléctricamente los circuitos de potencia y de control de la red de alimentación general.
-

Figura 2.30 Interruptor seccionador.



Fuente: Catálogo Schneider Electric Ecuador.

- Protección Contra Corto Circuitos: protege contra las altas intensidades producidas en un corto espacio de tiempo para lo cual suelen emplearse fusibles o breakers.

Figura 2.31 Breaker de protección contra corto circuitos.



Fuente: Catálogo Schneider Electric Ecuador.

- Protección Contra Sobrecargas, protege contra las intensidades producidas por una sobrecarga, con un relé térmico.

Figura 2.32 Relé Térmico de protección contra sobrecarga.



Fuente: Catálogo Electrocontrol.

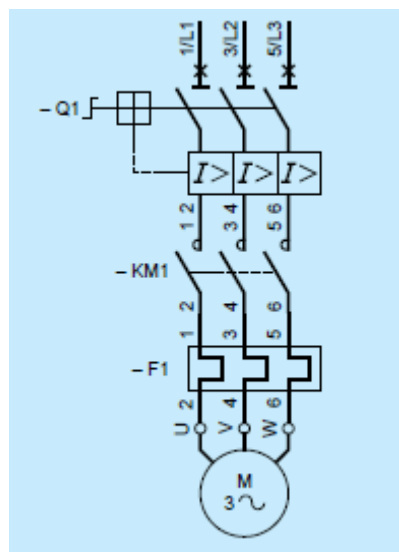
- Conmutación: establece o interrumpe la alimentación de los receptores. El elemento más habitual empleado en la conmutación es el contactor .. El control se realiza mediante el suministro de una tensión, igual o diferente de la del motor, que puede proceder de un pulsador, temporizador, etc., que alimenta la bobina del contactor haciendo que esta permita el paso de corriente o no, encendiendo o parando el motor.

Figura 2.33 Contactor.



Fuente: Catálogo Electrocontrol.

Figura 2.34 Esquema de un sistema de arranque.



Fuente: Catálogo Schneider Electric Ecuador.

Para escoger los elementos eléctricos de seccionamiento, protección, conmutación o variador de velocidad se necesita conocer:

- Aplicación,
- Potencia del equipo,
- Voltaje de funcionamiento,
- Número de fases,
- Frecuencia,
- Consumo de corriente a funcionamiento normal,
- Consumo de corriente en el arranque.

CAPÍTULO 3

INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE

3.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

Para el diseño del Sistema de Agua Potable se considera el uso de tubería de Polipropileno Cuatritubo Plastigama roscable y tubería galvanizada roscable, para el uso de agua fría y caliente.

El Sistema de Presión tendrá las siguientes características:

- Dos bombas para suministro de agua potable que pueden funcionar alternadamente o en secuencia.
- Tanque Hidroneumático Precargado.
- Presión Constante.

Para el Sistema de Agua Caliente se considera la recirculación del agua por intermedio una bomba. Para la generación de agua caliente se considera una caldera a gas con tanque de almacenamiento para el agua caliente. La circulación de agua caliente entre la caldera y el tanque de almacenamiento se produce por la acción de una bomba circuladora. La circulación del agua caliente que sale del tanque intermedio hacia los aparatos sanitarios es impulsada por el Sistema de Presión. La temperatura del agua caliente debe ser de 50 grados centígrados.

Para el diseño del Sistema de Aguas Servidas y Pluviales se considera el uso de tubería de PVC.

3.2 SISTEMA DE AGUA POTABLE

3.2.1 ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE.

3.2.1.1 Materiales de tubería y accesorios.

- Las tuberías y accesorios de ½ a 2 pulgadas para agua fría y caliente deben ser de Polipropileno Cuatritubo, para presión de trabajo de 1035 kilopascales.
- Las tuberías y accesorios de 2 1/2 pulgadas en adelante para agua fría y caliente deben ser de Acero Galvanizado Cédula 40, para presión de trabajo de 1035 kilopascales.

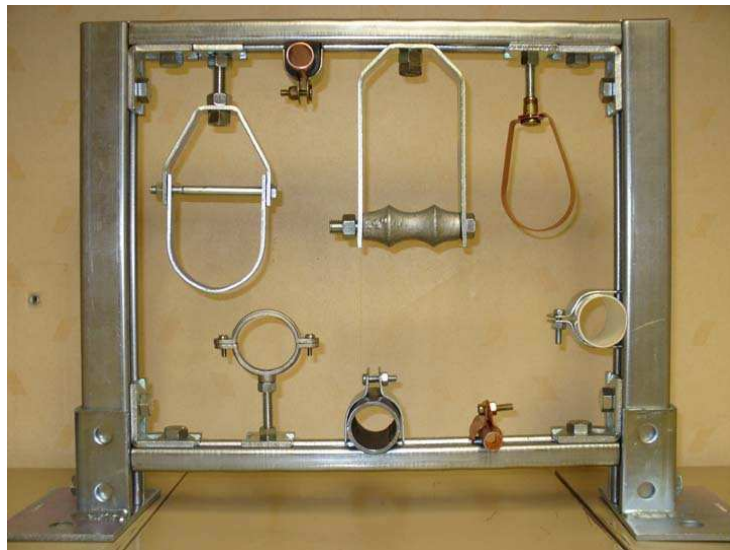
3.2.1.2 Colocación de tuberías y accesorios.

- La tubería horizontal será enterrada o empotrada en el piso o la pared.
- Los montantes deben instalarse en los canales verticales que el edificio debe tener para este efecto.
- Las uniones de acero galvanizado o de Polipropileno deben ser roscadas y selladas con pegante externo. Estas uniones se probarán a una presión de 1035 kilopascales durante dos horas antes de de ser cubiertas.
- La presión normal de trabajo en ningún punto debe sobrepasar los 393 kilopascales.
- Se colocarán juntas flexibles en las juntas de dilatación del edificio, para absorber el movimiento de este, que puede ser causado por el viento, cambios de temperatura o asiento de las bases.
- También es necesario colocar juntas flexibles en la tubería de agua caliente, por efectos de aumento de temperatura, tiende a dilatarse, produciendo desplazamientos, por ello deben colocarse juntas flexibles al menos cada 15 metros.
- Para evitar el Golpe de Ariete, provocado por el cierre rápido de un grifo o llave de paso, produciendo un súbito incremento de la presión que puede deteriorar la tubería debe emplearse grifos de cierre gradual y

velocidades de agua de menos de 2,5 metros por segundo en las tuberías.

- Las tuberías horizontales o verticales suspendidas deberán ser apoyadas, Acero cada 3,7 metro, Cobre cada 1,8 metro, Plástico 1,2 metro. Se pueden utilizar los anclajes de la figura 3.1.

Figura 3.1 Anclajes de tubería.



Fuente: <http://www.alibaba.com/product-free>

- La tubería vista debe ir pintada según la siguiente convención de colores:
Agua Fría y Agua Caliente: verde.

3.2.1.3 Materiales de válvulas.

- Las válvulas de $\frac{1}{2}$ a 2 pulgadas para agua fría y caliente debe ser de bronce, para presión de trabajo de 1035 kilopascales.
- Las válvulas de 2 1/2 pulgadas en adelante para agua fría y caliente debe ser de cuerpo de hierro montado en bronce, para presión de trabajo de 1035 kilopascales.

3.2.1.4 Colocación de válvulas.

- Las válvulas que sean enterradas, tendrán una caja de revisión.
- Al inicio de la tubería principal, montantes o ramales, debe colocarse una llave de paso para futuro mantenimiento.
- Se instalarán válvulas de corte a la entrada de tanques de almacenamiento de agua, tanques presurizados o calentadores de agua y medidores de agua.
- La distancia máxima entre el ramal de tubería que abastece a un aparato sanitario y este aparato es de 0,75 metros.
- El tanque presurizado y calentadores de agua deben contar con válvulas de alivio.

3.2.2 CÁLCULO DE CAUDALES, DIÁMETROS DE TUBERÍA Y PÉRDIDAS.

Los cálculos del Sistema de Agua Potable hacen referencia a un ruteo de tubería desarrollado en base a planos arquitectónicos del proyecto, en los que se determinan la ubicación y el tipo de aparato sanitario presentes en el edificio. Este ruteo de tubería es un desarrollo en base a las siguientes características:

- Un trazado más directo posible, evitando cambios de dirección innecesarios.
- Tubería de piso por los corredores y área de libre circulación, para facilitar la instalación y reparación.
- Dos Montantes para distribuir la cantidad de agua necesaria para el edificio, con lo que se disminuye el diámetro necesario de la tubería.
- Recirculación de agua caliente.
- Aparatos sanitarios de uso público con válvula flush para disminuir el consumo de agua potable.
- Válvulas de corte para mantenimiento de la instalación.
- Válvulas check para prevenir contra flujos.

En la tabla 3.1, se especifica la localización de los diferentes aparatos sanitarios que están presentes en el edificio.

Para el almacenamiento del agua, se considera una Cisterna Baja, la tabla 3.2 muestra el cálculo de la capacidad que debe tener la cisterna, tomando como referencia el tipo de edificio, la tabla 3.1 en este caso es tipo Casa de Huéspedes, según la tabla el consumo de agua individual es 40 galones por día, equivale a 0,152 metros cúbicos por día, se multiplica por el número de personas que ocupan el edificio y por 3 días de reserva. Para calcular el número de personas que ocupan el edificio, se suman las habitaciones más la dirección, el dormitorio y la sacristía, dando como resultado 47 personas. El resultado del volumen de cisterna es de 21,43 metros cúbicos, el volumen final de la cisterna será de 24 metros cúbicos.

Tabla 3.1 Localización Aparatos Hidrosanitarios.

AREA	APARATO	N +0,15	N +2,75	TOTAL
Dirección	Lavamanos	1		1
	Ducha	1		1
	Inodoro	1		1
Sacristía	Lavamanos	1		1
	Lavamanos	2		2
	Inodoro	1		1
Habitaciones	Lavamanos	2	42	44
	Ducha	2	42	44
	Inodoro	2	42	44
Baño Público 1	Lavamanos	2		2
	Inodoro	2		2
	Urinario	2		2
Baño Público 2	Lavamanos	2		2
	Inodoro	3		3
	Urinario	3		3
Dormitorio	Lavamanos	1		1
	Inodoro	1		1
Cocina	Fregadero	2		2
Lavandería	Lavadora	2		2
BBQ	Fregadero	1		1
Exterior	Llave Manguera	3		3

Fuente: Propia.

Tabla 3.2 Capacidad de Cisterna Agua Potable

TIPO	CONSUMO IND.	OCUP.	CONSUMO TOTAL	UTIL.	CISTERNA AP
Casa de huéspedes	0,152 m ³ /d	47 Personas	7,144 m ³ /d	3 Días	21,43 m ³

Fuente: Propia.

Las tablas 3.3 y 3.4 corresponden al dimensionamiento de tubería para agua fría, las tablas 3.5 y 3.6, corresponden al dimensionamiento de la tubería para agua caliente. Este dimensionamiento se desarrolla en base a la fórmula (2.1) de velocidad en fluidos no compresibles, tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-9.

Tabla 3.3 Dimensionamiento Tubería de Agua Fría Sector A.

		TUBERIA HABITACIONES					TUBERIA PASILLOS				
		Dem.	Q	d	di	V	Dem.	Q	d	di	V
		(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)	(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)
1	D 1	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11
2	D 2	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	5,40	38,04	1	1,05	1,14
3	D 3	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	8,10	48,83	1	1,05	1,47
4	D 4	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	10,80	57,53	1	1,05	1,73
5	D 5	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	13,50	63,40	1	1,05	1,90
6	D 6	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	16,20	68,51	1	1,05	2,06
7	D 7	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	18,90	72,29	1	1,05	2,17
8	D 8	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	21,60	74,94	1 1/4	1,38	1,29
9	D 9	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	24,30	80,62	1 1/4	1,38	1,39
10	D 10	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	27,00	83,27	1 1/4	1,38	1,43
11	D 11	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	29,70	87,06	1 1/4	1,38	1,50
12	D 12	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	32,40	90,84	1 1/4	1,38	1,56
13	D 13	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	35,10	94,63	1 1/4	1,38	1,63
14	D 14	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	37,80	98,41	1 1/4	1,38	1,69
15	D 15	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	40,50	99,92	1 1/4	1,38	1,72
16	D 16	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	43,20	102,20	1 1/4	1,38	1,76
17	D 17	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	45,90	105,22	1 1/4	1,38	1,81
18	D 18	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	48,60	106,36	1 1/4	1,38	1,83
19	D 19	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	5,40	37,85	3/4	0,83	1,82
20	D 20	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	8,10	48,83	1	1,05	1,47
21	D 21	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	56,70	113,55	1 1/4	1,38	1,96
22	BBQ	3,00	24,60	3/4	0,83	1,18	6,00	40,50	3/4	0,83	1,95
23	MANG.	3,00	24,60	3/4	0,83	1,18	62,70	123,96	1 1/2	1,61	1,57
24	SAC.	1,00	11,36	1/2	0,62	0,97	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29
		0,50	5,68	1/2	0,62	0,48	3,70	29,52	3/4	0,83	1,42
		2,20	18,93	3/4	0,83	0,91	66,40	126,80	1 1/2	1,61	1,61
25	D 22	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	5,40	37,85	3/4	0,83	1,82
26	D 23	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	71,80	134,37	1 1/2	1,61	1,70
27	MANG.	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	73,30	136,26	1 1/2	1,61	1,73
28	BAÑO 1	3,00	24,60	3/4	0,83	1,18	8,00	84,03	1 1/4	1,38	1,45
		5,00	56,78	1	1,05	1,70	13,00	111,28	1 1/4	1,38	1,92
		5,00	56,78	1	1,05	1,70	18,00	126,42	1 1/2	1,61	1,60
		5,00	56,78	1	1,05	1,70	28,00	151,40	1 1/2	1,61	1,92
		10,00	102,20	1 1/2	1,61	1,30	38,00	170,33	2	2,07	1,31
		10,00	102,20	1 1/2	1,61	1,30	48,00	185,47	2	2,07	1,43
29	DIR.	10,00	102,20	1 1/2	1,61	1,30	50,70	193,04	2	2,07	1,49
		2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	124,00	280,09	2	2,07	2,16

Fuente: Propia.

Tabla 3.4 Dimensionamiento Tubería de Agua Fría Sector B.

		TUBERIA HABITACIONES					TUBERIA PASILLOS				
		Dem.	Q	d	di	V	Dem.	Q	d	di	V
		(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)	(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)
1	D 24	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11
2	D 25	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	5,40	38,04	1	1,05	1,14
3	D 26	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	8,10	48,83	1	1,05	1,47
4	D 27	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	10,80	57,53	1	1,05	1,73
5	D 28	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	13,50	63,40	1 1/4	1,38	1,09
6	D 29	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	16,20	68,51	1 1/4	1,38	1,18
7	D 30	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	18,90	72,29	1 1/4	1,38	1,24
8	D 31	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	21,60	74,94	1 1/4	1,38	1,29
9	D 32	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	24,30	80,62	1 1/4	1,38	1,39
10	D 33	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	27,00	83,27	1 1/4	1,38	1,43
11	D 34	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	29,70	87,06	1 1/4	1,38	1,50
12	D 35	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	32,40	90,84	1 1/4	1,38	1,56
13	D 36	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	35,10	94,63	1 1/4	1,38	1,63
14	D 37	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	37,80	98,41	1 1/4	1,38	1,69
15	D 38	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	40,50	99,92	1 1/4	1,38	1,72
16	D 39	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	43,20	102,20	1 1/4	1,38	1,76
17	D 40	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	45,90	105,22	1 1/4	1,38	1,81
18	D 41	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	48,60	106,36	1 1/4	1,38	1,83
19	D 42	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	51,30	112,79	1 1/4	1,38	1,94
20	D 43	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	54,00	115,44	1 1/2	1,61	1,46
21	D 44	2,70	23,16	3/4	0,83	1,11	56,70	115,63	1 1/2	1,61	1,47
22	MANG.	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	58,20	117,34	1 1/2	1,61	1,49
23	BAÑO 2	3,00	24,60	3/4	0,83	1,18	8,00	84,03	1 1/4	1,38	1,45
		5,00	56,78	1	1,05	1,70	13,00	111,28	1 1/4	1,38	1,92
		5,00	56,78	1	1,05	1,70	23,00	140,05	1 1/2	1,61	1,78
		10,00	102,20	1 1/2	1,61	1,30	33,00	162,76	1 1/2	1,61	2,07
		10,00	102,20	1 1/2	1,61	1,30	91,20	246,03	2	2,07	1,89
24	LAV.	4,50	40,50	3/4	0,83	1,95	95,70	253,60	2	2,07	1,95
25	D	0,50	7,57	1/2	0,62	0,64	96,20	243,00	2	2,07	1,87
		2,20	18,93	3/4	0,83	0,91	98,40	255,11	2	2,07	1,96
26	CUARTO FRIO	0,50	7,57	1/2	0,62	0,64	98,90	255,87	2	2,07	1,97
27	COCINA	6,00	40,50	3/4	0,83	1,95	104,90	256,24	1	1,05	
		0,50	7,57	1/2	0,62	0,65	105,40	256,62	2	2,07	1,98
28	MANG.	1,50	15,14	1/2	0,62	1,30	100,40	257,38	2	2,07	1,98
28	MANG.	1,50	15,14	1/2	0,62	1,30	106,40	260,41	2	2,07	2,00

Fuente: Propia.

Tabla 3.5 Dimensionamiento Tubería de Agua Caliente Sector A

		TUBERIA HABITACIONES					TUBERIA PASILLOS				
		Dem.	Q	d	di	V	Dem.	Q	d	di	V
		(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)	(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)
1	D 1	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29
2	D 2	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	3,00	24,60	3/4	0,83	1,18
3	D 3	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	4,50	32,93	3/4	0,83	1,58
4	D 4	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	6,00	40,50	1	1,05	1,22
5	D 5	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	7,50	46,56	1	1,05	1,40
6	D 6	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	9,00	51,85	1	1,05	1,56
7	D 7	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	10,50	56,78	1	1,05	1,70
8	D 8	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	12,00	60,56	1	1,05	1,82
9	D 9	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	13,50	63,40	1	1,05	1,90
10	D 10	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	15,00	66,24	1	1,05	1,99
11	D 11	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	16,50	68,89	1	1,05	2,07
12	D 12	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	18,00	71,16	1	1,05	2,14
13	D 13	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	19,50	73,43	1 1/4	1,38	1,26
14	D 14	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	21,00	76,08	1 1/4	1,38	1,31
15	D 15	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	22,50	78,73	1 1/4	1,38	1,36
16	D 16	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	24,00	80,62	1 1/4	1,38	1,39
17	D 17	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	25,50	81,76	1 1/4	1,38	1,41
18	D 18	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	27,00	83,65	1 1/4	1,38	1,44
19	D 19	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	31,50	89,33	1 1/4	1,38	1,54
	D 20	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29				1,38	
	D 21	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29				1,38	
20	SAC.	0,50	11,36	1/2	0,62	0,97	32,00	90,08	1 1/4	1,38	1,55
21	D 22	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	33,50	91,22	1 1/4	1,38	1,57
22	D 23	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	35,00	94,25	1 1/4	1,38	1,62
23	DIR.	1,50	11,36	1/2	0,62	0,97	36,50	95,00	1 1/4	1,38	1,64

Fuente: Propia.

Tabla 3.6 Dimensionamiento Tubería de Agua Caliente Sector B

		TUBERIA HABITACIONES					TUBERIA PASILLOS				
		Dem.	Q	d	di	V	Dem.	Q	d	di	V
		(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)	(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)
1	D 24	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29
2	D 25	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	3,00	24,60	3/4	0,83	1,18
3	D 26	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	4,50	32,93	3/4	0,83	1,58
4	D 27	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	6,00	40,50	1	1,05	1,22
5	D 28	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	7,50	46,56	1	1,05	1,40
6	D 29	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	9,00	51,85	1	1,05	1,56
7	D 30	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	10,50	56,78	1	1,05	1,70
8	D 31	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	12,00	60,56	1	1,05	1,82
9	D 32	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	13,50	63,40	1	1,05	1,90
10	D 33	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	15,00	66,24	1	1,05	1,99
11	D 34	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	16,50	68,89	1	1,05	2,07
12	D 35	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	18,00	71,16	1	1,05	2,14
13	D 36	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	19,50	73,43	1 1/4	1,38	1,26
14	D 37	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	21,00	76,08	1 1/4	1,38	1,31
15	D 38	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	22,50	78,73	1 1/4	1,38	1,36
16	D 39	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	24,00	80,62	1 1/4	1,38	1,39
17	D 40	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	25,50	81,76	1 1/4	1,38	1,41
18	D 41	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	27,00	83,65	1 1/4	1,38	1,44
19	D 42	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29	31,50	89,33	1 1/4	1,38	1,54
	D 43	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29				1,38	
	D 44	1,50	15,14	1/2	0,62	1,29				1,38	
20	LAV	4,50	32,93	3/4	0,83	1,58	36,00	94,63	1 1/4	1,38	1,63
21	D	0,50	7,57	1/2	0,62	0,64	36,50	95,38	1 1/4	1,38	1,65
22	COCl.	1,40	7,57	1/2	0,62	0,64	37,90	97,65	1 1/4	1,38	1,69
		6,00	40,50	3/4	0,83	1,95	43,90	102,20	1 1/4	1,38	1,77

Fuente: Propia.

Como ejemplo de cálculo, se selecciona la tabla 3.3, el dormitorio 10, la tubería de agua fría, sector A:

Tubería Habitaciones:

- Localización: Dormitorio 10,
- Equipamiento: baño completo,
- Demanda equipamiento (Q): 2,70 wsfu (según tabla 2.2),
- Consumo equivalente (Q): 23,16 l/min (según tabla 2.3),
- Diámetro de tubería posible (d): 3/4" (21 mm),
- Velocidad del agua en este tramo, se calcula mediante la fórmula:

$$V = 21,22 \times \frac{Q}{d^2} \quad (2.1)^1$$
$$V = 21,22 \times \frac{23,16 \text{ l/mtn}}{21 \text{ mm}^2} = 1,11 \text{ m/seg}$$

Tubería Pasillos:

- Localización: Tramo entre dormitorio 10 y dormitorio 11,
- Demanda equipamiento acumulado (Q): 27 wsfu (según tabla 2.2),
- Consumo equivalente acumulado (Q): 83,27 l/min (según tabla 2.3),
- Diámetro de tubería posible (d): 1 1/4" (35,10 mm),
- Velocidad del agua en este tramo, se calcula mediante la fórmula:

$$V = 21,22 \times \frac{Q}{d^2} \quad (2.1)^1$$
$$V = 21,22 \times \frac{83,27 \text{ l/mtn}}{35,10 \text{ mm}^2} = 1,43 \text{ m/seg}$$

¹ Fórmula tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-9.

La tabla 3.7 corresponde al dimensionamiento de la tubería en el cuarto de máquinas.

Tabla 3.7 Dimensionamiento Tubería de Agua Cuarto de Máquinas.

		TUBERIA PRINCIPAL (INGRESO A EDIFICIO)				
		Dem.	Q	d	di	V
		(wsfu)	(l/min)	(plg)	(plg)	(m/s)
1	AF	233,90	378,50	3	3,07	1,32
2	AC	81,90	145,72	1 1/2	1,61	1,85
3	AF+AC	281,60	398,94	3	3,07	1,39

Fuente: Propia.

3.2.3 CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE PRESIÓN.

Para calcular las pérdidas totales por fricción en tuberías y accesorios, se suman las pérdidas calculadas en la succión y la impulsión. Las pérdidas en la succión consideran las pérdidas desde la cisterna hasta llegar al Sistema de Presión. Las pérdidas en la impulsión consideran las pérdidas desde el aparato sanitario más lejano hasta el Sistema de Presión.

El recorrido de tubería más largo, para la impulsión desde el Sistema de Presión corresponde al de agua fría, el aparato sanitario más lejano que necesita agua caliente es la ducha que está en el baño del dormitorio 24. La presión mínima que necesita este aparato, tomando en consideración el caso más crítico si se instala

un ducha con temperatura controlada, según la tabla 2.16, es 20 pulgadas por centímetro cuadrado (14.06 metros de agua).

Para el cálculo de las pérdidas por resistencia en tubería y accesorios, se consideran las fórmulas (2.2), (2.3) y (2.5), tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-5.

El coeficiente de resistencia en la tubería y en cada accesorio se obtiene de las tablas 2.11, 2.12, 2.13, 2.14 y 2.15. La densidad del agua a 10 grados centígrados es de 999,712 kilogramos por metro cúbico, su viscosidad absoluta a la misma temperatura es de 1.299 centipoises.

Tabla 3.8 Cálculo de Pérdidas por Fricción en la Succión.

			CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA Y ACCESORIOS							hL	
			K	Q	di	Re	f	hL A	hL T		
				(l/min)	(plg)			(m H2O)			
1	2,13	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,05	0,05	
2	Codo 90 ^a	3	0,54	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,05	0,00	0,10	
3	2,62	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,06	0,16	
4	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	0,20	
5	0,34	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	0,21	
6	Codo 90 ^a	3	0,54	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,05	0,00	0,26	
7	1,31	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,03	0,29	
8	Valvula Check	3	0,90	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,09	0,00	0,38	
9	0,13	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,00	0,38	
10	Válvula Comp.	3	0,14	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,01	0,00	0,40	
11	0,18	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,00	0,40	
Longitud Total m										9,187	
Pérdida en m H2O/m.										0,044	

Fuente: Propia.

Tabla 3.9 Cálculo de Pérdidas por Fricción en la Impulsión en Tubería de Agua Fría.

			CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA Y ACCESORIOS							hL	
			K	Q	di	Re	f	hL A	hL T		
				(l/min)	(plg)				(m H2O)		
1	0,20	1/2	0,00	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,00	0,03	0,03	
2	Codo 90 ^a	1/2	0,81	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,07	0,00	0,10	
3	0,50	1/2	0,00	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,00	0,07	0,17	
4	T ramal	1/2	1,62	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,14	0,00	0,31	
5	0,50	1/2	0,00	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,00	0,07	0,38	
6	T directa	1/2	0,54	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,05	0,00	0,43	
7	0,10	1/2	0,00	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,00	0,01	0,44	
8	Codo 90 ^a	1/2	0,81	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,07	0,00	0,51	
9	0,50	1/2	0,00	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,00	0,07	0,59	
10	Codo 90 ^a	1/2	0,81	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,07	0,00	0,65	
11	0,50	1/2	0,00	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,00	0,07	0,73	
12	Reducción	1/2	0,87	15,14	0,62	1,6E+04	0,0277	0,07	0,00	0,80	
13	0,30	3/4	0,00	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,00	0,02	0,83	
14	T directa	3/4	0,50	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,03	0,00	0,86	
15	0,30	3/4	0,00	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,00	0,02	0,88	
16	T ramal	3/4	1,50	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,09	0,00	0,98	
17	0,30	3/4	0,00	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,00	0,02	1,00	
18	V. Comp.	3/4	0,20	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,01	0,00	1,01	
19	1,20	3/4	0,00	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,00	0,10	1,11	
20	Codo 90 ^a	3/4	0,75	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,05	0,00	1,16	
21	1,20	3/4	0,00	23,16	0,83	1,8E+04	0,0267	0,00	0,10	1,25	
22	Reducción	3/4	0,43	38,04	0,83	3,0E+04	0,0235	0,07	0,00	1,33	
23	T directa	1	0,46	38,04	1,05	2,3E+04	0,0249	0,03	0,00	1,36	
24	1,60	1	0,00	38,04	1,05	2,3E+04	0,0249	0,00	0,10	1,46	
25	T directa	1	0,46	48,83	1,05	3,0E+04	0,0234	0,05	0,00	1,51	
26	2,40	1	0,00	48,83	1,05	3,0E+04	0,0234	0,00	0,23	1,74	
27	T directa	1	0,46	57,53	1,05	3,5E+04	0,0225	0,07	0,00	1,81	
28	0,70	1	0,00	57,53	1,05	3,5E+04	0,0225	0,00	0,09	1,90	
29	Reducción	1	0,27	68,51	1,05	4,2E+04	0,0216	0,06	0,00	1,96	
30	T directa	1 1/4	0,44	63,40	1,38	2,9E+04	0,0234	0,03	0,00	1,98	
31	2,40	1 1/4	0,00	63,40	1,38	2,9E+04	0,0234	0,00	0,10	2,08	
32	T directa	1 1/4	0,44	68,51	1,38	3,2E+04	0,0230	0,03	0,00	2,11	
33	1,40	1 1/4	0,00	68,51	1,38	3,2E+04	0,0230	0,00	0,07	2,18	
34	T directa	1 1/4	0,44	72,29	1,38	3,4E+04	0,0227	0,03	0,00	2,21	
35	0,50	1 1/4	0,00	72,29	1,38	3,4E+04	0,0227	0,00	0,03	2,24	
36	T directa	1 1/4	0,44	74,94	1,38	3,5E+04	0,0225	0,04	0,00	2,27	
37	1,60	1 1/4	0,00	74,94	1,38	3,5E+04	0,0225	0,00	0,09	2,36	
38	T ramal	1 1/4	1,32	80,62	1,38	3,8E+04	0,0221	0,13	0,00	2,49	
39	0,10	1 1/4	0,00	80,62	1,38	3,8E+04	0,0221	0,00	0,01	2,50	
40	T directa	1 1/4	0,44	83,27	1,38	3,9E+04	0,0219	0,05	0,00	2,54	

**Tabla 3.9 Cálculo de Pérdidas por Fricción en la Impulsión en Tubería de Agua Fría.
(Continuación)**

			CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA Y ACCESORIOS							hL
			K	Q	di	Re	f	hL A	hL T	
				(l/min)	(plg)			(m H2O)		
41	4,00	1 1/4	0,00	83,27	1,38	3,9E+04	0,0219	0,00	0,26	2,81
42	T directa	1 1/4	0,44	87,06	1,38	4,1E+04	0,0217	0,05	0,00	2,86
43	2,20	1 1/4	0,00	87,06	1,38	4,1E+04	0,0217	0,00	0,16	3,01
44	T directa	1 1/4	0,44	90,84	1,38	4,2E+04	0,0215	0,05	0,00	3,07
45	4,20	1 1/4	0,00	90,84	1,38	4,2E+04	0,0215	0,00	0,32	3,39
46	T directa	1 1/4	0,44	94,63	1,38	4,4E+04	0,0213	0,06	0,00	3,45
47	2,20	1 1/4	0,00	94,63	1,38	4,4E+04	0,0213	0,00	0,18	3,63
48	T directa	1 1/4	0,44	98,41	1,38	4,6E+04	0,0211	0,06	0,00	3,69
49	4,20	1 1/4	0,00	98,41	1,38	4,6E+04	0,0211	0,00	0,37	4,06
50	T directa	1 1/4	0,44	99,92	1,38	4,6E+04	0,0210	0,07	0,00	4,13
51	2,20	1 1/4	0,00	99,92	1,38	4,6E+04	0,0210	0,00	0,20	4,33
52	T directa	1 1/4	0,44	102,20	1,38	4,8E+04	0,0209	0,07	0,00	4,40
53	4,20	1 1/4	0,00	102,20	1,38	4,8E+04	0,0209	0,00	0,39	4,79
54	T directa	1 1/4	0,44	105,22	1,38	4,9E+04	0,0207	0,07	0,00	4,86
55	2,80	1 1/4	0,00	105,22	1,38	4,9E+04	0,0207	0,00	0,28	5,14
56	T directa	1 1/4	0,44	106,36	1,38	4,9E+04	0,0207	0,08	0,00	5,22
57	4,60	1 1/4	0,00	106,36	1,38	4,9E+04	0,0207	0,00	0,46	5,68
58	Reducción	1 1/4	0,20	106,36	1,38	4,9E+04	0,0207	0,03	0,00	5,71
59	T ramal	1 1/2	1,26	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,14	0,00	5,85
60	4,60	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,26	6,11
61	Codo 90 ^a	1 1/2	0,63	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,07	0,00	6,18
62	3,50	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,20	6,38
63	Codo 90 ^a	1 1/2	0,63	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,07	0,00	6,45
64	0,50	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,03	6,47
65	V. Comp.	1 1/2	0,17	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,02	0,00	6,49
66	0,50	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,03	6,52
67	Codo 90 ^a	1 1/2	0,63	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,07	0,00	6,59
68	0,50	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,03	6,62
69	V. Check	1 1/2	1,05	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,12	0,00	6,73
70	4,50	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,25	6,99
71	Codo 90 ^a	1 1/2	0,63	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,07	0,00	7,06
72	2,69	1 1/2	0,00	115,63	1,61	4,6E+04	0,0210	0,00	0,15	7,21
73	T directa	1 1/2	0,42	117,34	1,61	4,7E+04	0,0209	0,05	0,00	7,26
74	0,50	1 1/2	0,00	117,34	1,61	4,7E+04	0,0209	0,00	0,03	7,28
75	Reducción	2	0,43	246,03	2,07	7,7E+04	0,0186	0,08	0,00	7,36
76	T directa	2	0,38	246,03	2,07	7,7E+04	0,0186	0,07	0,00	7,43
77	15,80	2	0,00	246,03	2,07	7,7E+04	0,0186	0,00	1,03	8,46
78	T directa	2	0,38	253,60	2,07	7,9E+04	0,0185	0,07	0,00	8,53
79	6,60	2	0,00	253,60	2,07	7,9E+04	0,0185	0,00	0,45	8,98
80	T directa	2	0,38	255,11	2,07	7,9E+04	0,0185	0,07	0,00	9,06
81	1,50	2	0,00	255,11	2,07	7,9E+04	0,0185	0,00	0,10	9,16

**Tabla 3.9 Cálculo de Pérdidas por Fricción en la Impulsión en Tubería de Agua Fria.
(Continuación)**

			CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA Y ACCESORIOS							hL	
			K	Q	di	Re	f	hL A	hL T		
				(l/min)	(plg)			(m H2O)			
82	T ramal	2	1,14	256,62	2,07	8,0E+04	0,0185	0,23	0,00	9,39	
83	0,80	2	0,00	256,62	2,07	8,0E+04	0,0185	0,00	0,06	9,44	
84	Codo 90 ^a	2	0,57	256,62	2,07	8,0E+04	0,0185	0,11	0,00	9,56	
85	9,20	2	0,00	256,62	2,07	8,0E+04	0,0185	0,00	0,64	10,20	
86	T ramal	2	1,14	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,23	0,00	10,43	
87	13,90	2	0,00	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,00	0,98	11,41	
88	V. Comp.	2	0,15	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,03	0,00	11,44	
89	0,30	2	0,00	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,00	0,02	11,46	
90	V. Check	2	0,95	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,19	0,00	11,65	
91	0,30	2	0,00	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,00	0,02	11,67	
92	Reducción	2	0,27	257,38	2,07	8,0E+04	0,0185	0,05	0,00	11,73	
93	T directa	3	0,36	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,03	0,00	11,76	
94	5,80	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,12	11,88	
95	T ramal	3	1,08	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,10	0,00	11,98	
96	8,50	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,18	12,16	
97	Codo 90 ^a	3	0,54	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,05	0,00	12,20	
98	0,50	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,01	12,21	
99	V. Comp.	3	0,14	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,01	0,00	12,23	
100	0,50	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,01	12,24	
101	Codo 90 ^a	3	0,54	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,05	0,00	12,29	
102	0,30	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,01	12,29	
103	Codo 90 ^a	3	0,54	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,05	0,00	12,34	
104	0,30	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,01	12,35	
105	V. Comp.	3	0,14	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,01	0,00	12,36	
106	0,50	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,01	12,37	
107	T directa	3	0,36	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,03	0,00	12,40	
108	0,50	3	0,00	378,50	3,07	7,9E+04	0,0184	0,00	0,01	12,41	
109	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,45	
110	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,46	
111	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,50	
112	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,51	
113	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,54	
114	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,56	
115	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,59	
116	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,60	
117	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,64	
118	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,65	
119	Codo 90 ^a	3	0,54	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,05	0,00	12,70	
120	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,71	
121	V. Comp.	3	0,14	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,01	0,00	12,73	
122	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,74	

Tabla 3.9 Cálculo de Pérdidas por Fricción en la Impulsión en Tubería de Agua Fría. (Continuación)

			CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA Y ACCESORIOS							hL
K	Q	di	Re	f	hL A	hL T				
	(l/min)	(plg)			(m H2O)					
123	V. Check	3	0,90	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,09	0,00	12,83
124	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,84
125	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,88
126	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,89
127	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,92
128	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,94
129	T directa	3	0,36	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,04	0,00	12,97
130	0,50	3	0,00	398,94	3,07	8,4E+04	0,0182	0,00	0,01	12,98
Longitud Total m										172,101
Pérdida en m H2O/m.										0,075

Fuente: Propia.

Como ejemplo de cálculo, se selecciona la tabla 3.9 el baño de la Dirección, la tubería de agua fría:

Tubería:

- Localización: Dormitorio 24
- Equipamiento: baño completo,
- Longitud de Tubería (item 1) (L): 0,20,
- Diámetro interior de tubería (d):0,62" (15,80 mm),
- Caudal (Q): 15.14 l/min,
- Densidad del agua (ρ), a 10°C: 999,712 kg/m³,
- Viscosidad absoluta (μ): 1,299 centipoises,
- Número de Reynolds (Re), se calcula mediante la fórmula:

$$Re = 22,22 \times \frac{Q \times \rho}{d \times \mu} \quad (2.4)^1$$

$$Re = 22,22 \times \frac{15,14 \text{ l/min} \times 999,712 \text{ kg/m}^3}{15,88 \text{ mm} \times 1,299} = 15.637,93$$

¹ Fórmula tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-2.

- Rugosida absoluta (e): 0,0015 mm
- Factor de fricción (f):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,869 \times \ln\left(\frac{e}{3,7} + \frac{2,523}{Re \times \sqrt{f}}\right) \quad (2.3)^1$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,869 \times \ln\left(\frac{0,0015mm}{15,88 mm} + \frac{2,523}{15.636,93 \times \sqrt{f}}\right)$$

$$f = 0,0277$$

- Pérdidas por fricción en tubería, se calcula mediante la fórmula:

$$h_L = 22.950 \times f \times l \times \frac{Q^2}{d^5} \quad (2.2)^2$$

$$h_L = 22.950 \times 0,0277 \times 0,20 m \times \frac{15,14 l/min^2}{15,80 mm^5} = 0,03 m de H_2 O$$

Accesorios:

- Localización: Dormitorio 24,
- Equipamiento: baño completo,
- Accesorio (item 2): Codo 90°,
- Diámetro interior de tubería (d):0,62" (15,80 mm),
- Caudal (Q): 15,14 l/min,
- Coeficiente de resistencia (K): 30 x 0,027= 0,81 (según tabla 2.15),
- Pérdidas por fricción en accesorios, se calcula mediante la fórmula:

$$h_L = 22,96 \times K \times \frac{Q^2}{d^4} \quad (2.5)^3$$

$$h_L = 22,96 \times 0,81 \times \frac{Q_{15,14 l/min^2}}{15,80 mm^4} = 0,07 m de H_2 O$$

¹ Fórmula tomada de http://en.wikipedia.org/wiki/Darcy_friction_factor_formulae, Factor de Fricción de Darcy, Octubre 2012

² Fórmula tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-3.

³ Fórmula tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. 3-9.

Tabla 3.10 Cálculo de la Altura Dinámica Total de Bomba Principal.

		TDH	
		(m H ₂ O)	(psi)
1	Presión Residual (Dormitorio 24)	14,06	20,00
2	Pérdidas por Fricción Impulsión	12,98	18,47
3	Pérdidas por Fricción Succión	0,40	0,57
4	Altura Descarga	2,60	3,70
5	Altura Succión	2,13	3,03
TOTAL		32,18	45,76

Fuente: Propia.

El NPSH Disponible se calcula restando las alturas de succión e impulsión de la presión atmosférica del lugar a instalar la bomba. Para calcular la potencia de la bomba, se utiliza la fórmula (2.6), tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. B-33.

Tabla 3.11 Cálculo de la Altura de Aspiración Neta Positiva Disponible de la Bomba Principal.

		NPSH	
		(m H ₂ O)	(psi)
3	Presión Atmosférica Quito	7,38	10,50
1	Altura Descarga	2,60	3,70
2	Altura Succión	2,13	3,03
TOTAL		2,65	3,77

Fuente: Propia.

La tabla 3.12, muestra las características del Sistema de Presión calculado y la tabla 3.13 muestra características con valores más comerciales.

Tabla 3.12 Características de la Bomba Principal.

1	Caudal	398,94 (l/min)	105,40 (gpm)
2	TDH	32,18 (m H ₂ O)	45,76 (psi)
3	NPSH Disponible	2,65 (m H ₂ O)	3,77 (psi)
4	Potencia Hidráulica	2,10 Kw	2,85 HP
5	Potencia motor elect.	3,23 Kw	4,39 HP

Fuente: Propia.

Como ejemplo de cálculo, de la tabla 3.12, para calcular la potencia de la bomba:

- Localización: Cuarto de Máquinas,
- Caudal (Q): 398,94 l/min,
- Altura dinámica de bombeo (TDH): 33,76 m H₂O,
- Densidad del agua (ρ), a 10°C: 999,712 kg/m³,
- Potencia hidráulica se calcula mediante la fórmula:
-

$$P_h = \frac{Q \times TDH \times \rho}{6.116 \times 10^3} \quad (2.6)^1$$

$$P_h = \frac{398,94 \text{ l/min} \times 33,76 \text{ m de H}_2\text{O} \times 999,712 \text{ kg/m}^3}{6.116 \times 10^3}$$

$$= 2,20 \text{ Kw}$$

- Eficiencia de la bomba (η): 0,65,
- Potencia motor eléctrico teórica se calcula mediante la fórmula:

$$P = \frac{P_h}{\eta} \quad (2.7)^1$$

$$P = \frac{2,20 \text{ Kw}}{0,65} = 3,36 \text{ Kw}$$

¹ Fórmula tomada del libro de Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, p. B-33.

Para calcular el tanque precargado, se calcula el 20% del caudal total del sistema en galones por minuto, el 20% de 105,40 galones por minuto, es 21,08 galones.

Para el Sistema de Presión, se ha considerado instalar dos bombas iguales en paralelo, por lo que el caudal de las bombas se suma, mientras que la presión de descarga permanece igual. Es una buena práctica dividir el caudal total necesario entre las 2 bombas y aumentar un 50% el mismo, con lo que en caso de fallo de una bomba, la otra podría suplir gran parte de la demanda.

Tabla 3.13 Características Referenciales del Sistema de Presión.

1	Caudal Total	400,00 (l/min)
2	Presión de Descarga	40,00 (m H ₂ O)
3	Número de Bombas	2,00
4	Caudal x Bomba	300,00 (l/min)
5	Potencia motor elect.x Bomba	5,00 HP
6	Tanque Precargado	112,00 (l)

Fuente: Propia.

3.2.4 CÁLCULO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGUA CALIENTE.

El Sistema de Agua Caliente tiene una bomba de recirculación del agua caliente a través del edificio.

Tabla 3.14 Cálculo de las Pérdidas de Calor de la Tubería de Agua Caliente Total.

Tipo		d	Longitud		Coeficiente Pérdida de calor	Pérdida de calor		
		(plg)	(m)	(ft)	Btu/h/ft	Btu/h	Kcal/h	
1	Suministro	1/2	144,00	472,32	15,00	7084,80	1785,37	
2	Suministro	3/4	24,00	78,72	17,00	1338,24	337,24	
3	Suministro	1	38,00	124,64	19,00	2368,16	596,78	
4	Suministro	1 1/4	114,00	373,92	21,00	7852,32	1978,78	
5	Suministro	1 1/2	17,00	55,76	24,00	1338,24	337,24	
6	Retorno	1/2	25,00	82,00	15,00	1230,00	309,96	
		TOTAL					21211,76	5345,36

Fuente: Propia.

Como ejemplo de cálculo, de la tabla 3.14, para calcular las pérdidas de calor en la tubería, se ha seleccionado la tubería de 3/4".

- Diámetro de tubería (d): 3/4" (19 mm),
- Longitud de tubería: 78,72 ft (24,00 m),
- Coeficiente de pérdida de calor: 17 Btu/h/ft,
- Pérdida de calor se calcula multiplicando la distancia por el coeficiente de pérdida de calor:

$$q = 78,72 \text{ ft} \times 17 \text{ Btu/h/ft} = 1338,24 \text{ Btu/h}$$

Tabla 3.15 Cálculos Sistema de Agua Caliente.

1	Demanda de Agua Caliente	38,50 (gpm)	145,72 (l/min)
2	Temperatura de Agua Caliente	140,00 (°F)	60,00 (°C)
3	Temperatura de Agua Fría	40,10 (°F)	4,50 (°C)
4	Diferencia de Temperatura entre Agua Caliente y Fría	99,90 (°F)	55,50 (°C)
5	Factor de demanda	0,25	0,25
6	Factor de almacenamiento	0,80	0,80
7	Capacidad del calentador	577,50 (gph)	2.185,84 (l/h)
8	Capacidad del tanque de almacenamiento	462,00 (gal)	1.748,67 (l)
9	Capacidad del tanque de expansión	57,75 (gal)	218,58 (l)
10	Potencia para Calentar el Agua (0 msnm)	594.951,33 (Btu/h)	149.925,35 (Kcal/h)
11	Potencia para Calentar el Agua (2.800 msnm)	761.537,70 (Btu/h)	191.904,45 (Kcal/h)
12	Pérdidas de Calor en toda la Tubería de Agua Caliente	21.211,76 (Btu/h)	5.345,36 (Kcal/h)
13	Diferencia de Temperatura Permitida entre Calentador y Agua en el Grifo más Lejano	20,00 (°F)	11,11 (°C)
14	Caudal de la Bomba de Recirculación del Edificio	2,14 (gpm)	8,11 (l/min)
15	Presión la Bomba de Recirculación del Edificio Final	36,89 (psi)	25,93 (m H ₂ O)
16	Caudal de la Bomba de Recirculación del Tanque de Almacenamiento	7,92 (gpm)	22,00 (l/min)
17	Presión de la Bomba de Recirculación del Tanque de Almacenamiento	1,14 (psi)	0,80 (m H ₂ O)

Fuente: Propia.

Como ejemplo de cálculo, de la tabla 3.15, para calcular las características del sistema de agua caliente.

- Demanda de agua caliente (Q): 38,5 gpm = 2.310 gph
- Temperatura de agua caliente: 140 °F,
- Temperatura de agua fría: 40.1 °F,
- Diferencia de temperatura: 99.9 °F,
- Factor de demanda: 0,25 (según tabla 2.18, hotel),
- Factor de almacenamiento: 0,80 (según tabla 2.18, hotel),

La capacidad del calentador se obtiene multiplicando el caudal necesario por el factor de demanda:

- Caudal necesario (Qc): 2.310 gph x 0,25 = 577,50 gph
- Capacidad del tanque de almacenamiento: 577,50 gph x 0,80 = 462 gal
- Capacidad del tanque de expansión: 577,50 gph x 0,10 = 57,75 gal
- Potencia del calentador de agua se calcula mediante la fórmula:

$$P_c = \frac{\Delta T \times Q_c \times 8,25}{0,80} \quad (2.11)^1$$

$$P_c = \frac{99,9^\circ\text{F} \times 577,50 \text{ gph} \times 8,25}{0,80} = 594.951,33 \text{ Btu/h}$$

- Factor de corrección por altura: 28%

$$P_c = 594.951,33 \text{ Btu/h} \times 1,28 = 761.537,70 \text{ Btu/h}$$

- Diferencia de temperatura aceptable (T): 20 °F,
- Pérdida de calor (q): 21.966,16 Btu/h
- Densidad del agua (ρ), a 140 °F: 8,25 lb/gal,
- Calor específico del agua (C_p): 1 Btu/lb °F,

¹ Fórmula tomada del Manual de Ingeniería para sistemas de agua caliente de la empresa Bock.

² Fórmula tomada de ASHRAE HANDBOOK, HVAC Applications, 1999, p. 48-4.

- Caudal de descarga bomba recirculación del edificio se calcula mediante la fórmula:

$$Q = \frac{q}{60 \times \rho \times C_p \times T} \quad (2.12)^1$$

$$Q = \frac{21.966,16 \text{ Btu/h}}{60 \times 8,25 \text{ lb/gal} \times 1 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \times 20 ^\circ\text{F}} = 2,22 \text{ gpm}$$

- Caudal de descarga bomba recirculación del edificio debe ser: 3 gpm.

Tabla 3.16 Sistema de Agua Caliente.

1	Potencia para Calentar el Agua (2.800 msnm)	770.000,00 (Btu/h)	200.000,00 (Kcal/h)
2	Capacidad del tanque de almacenamiento de agua caliente	470,00 (gal)	1.800,00 (l)
3	Capacidad del tanque de expansión	60,00 (gal)	220,00 (l)
4	Caudal de descarga de la Bomba de Recirculación del Edificio Final	3,00 (gpm)	12,00 (l/min)
5	Presión la Bomba de Recirculación del Edificio Final	40,00 (psi)	30,00 (m H2O)
6	Caudal de la Bomba de Recirculación del Tanque de Almacenamiento	8,00 (gpm)	22,00 (l/min)
7	Presión de la Bomba de Recirculación del Tanque de Almacenamiento	1,20 (psi)	0,80 (m H2O)

Fuente: Propia.

¹ Fórmula tomada de ASHRAE HANDBOOK, HVAC Applications, 1999, p. 48-4.

3.3 SISTEMA DE DESAGÜE, ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO

3.3.1 ESPECIFICACIONES SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS.

3.3.1.1 Materiales tubería y accesorios.

- Las tuberías y accesorios para aguas servidas y aguas lluvias deben ser de PVC, que soporten presiones de prueba de 4,0 Kilogramo por centímetro.

3.3.1.2 COLOCACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS.

- La tubería horizontal será enterrada o empotrada en el piso o la pared.
- Los montantes deben instalarse en los canales verticales que el edificio debe tener para este efecto.
- Las uniones de tubería de PVC serán hechas con pega, especificada por el fabricante.
- Las tuberías verticales empotradas en la pared deberán ser recubiertas con enlucido de espesor mínimo de 2 centímetros.
- Las tuberías que van por circulación de vehículos y objetos pesados deben enterrarse a una profundidad mínima de 60 centímetros, con una cama de arena.
- Los sifones deberán ser del mismo material y diámetro de la tubería a la que van conectados.
- Los desagües de piso o rejillas, en los cuartos de baño serán cromados.
- Los desagües de piso o rejillas, del cuarto de máquinas serán de bronce fundido.
- Las rejillas de la terraza y patios serán de hierro fundido o aluminio.
- En terrazas accesibles los tubos de ventilación se proyectarán 2,40 metros. sobre el nivel de la terraza, en las no accesibles esta proyección alcanzará los 0,50 metros.

- La pendiente de los ramales de desagüe será uniforme y no menor del 1% si el diámetro es igual a 3 pulgadas.

3.3.1.3 Excavación de zanjas.

Las zanjas tendrán un ancho que permita el tendido de la tubería pero no más de 0,30 metros, a cada lado de ésta y los taludes serán lo más verticales posibles. El fondo de zanjas se trabajará en un solo plano para obtener un apoyo continuo para cada elemento de la tubería en toda su longitud excepto en sitios coincidentes con campanas y donde sea necesario sellar uniones.

3.3.1.4 Relleno de zanjas.

Hasta 0.30 metros. por encima de la tubería se rellenará con material granular para rellenos. La altura restante de la zanja se llenará con material seleccionado de acopio. Las tuberías no serán cubiertas antes de realizar las pruebas.

3.3.1.5 Cajas de revisión.

Serán con paredes de hormigón y placa de fondo de 10 centímetros. de espesor, de hormigón simple tipo B. Las paredes se revestirán interiormente con 2 centímetros. de mortero cemento arena 1:2 con aditivo; en el fondo se hará un canal redondeado de igual diámetro al de la tubería, con profundidad igual a los 2/3 del diámetro del tubo, revestido con el mismo mortero para afinado con liana metálica.

Las tapas podrán ser de hormigón armado tipo B de tres pulgadas de espesor con un marco de hierro formado por un perfil C de 2 pulgadas x 3 pulgadas x 2 pulgadas x 1/8 pulgadas y asa metálica para sujeción.

3.3.2 CÁLCULO DE CAUDALES Y DIÁMETROS DE TUBERÍA.

Los cálculos del Sistema de Aguas Servidas y Lluvias hacen referencia a un ruteo de tubería desarrollado en base a planos arquitectónicos del proyecto, en los que se determinan la ubicación y el tipo de aparato sanitario presentes en el edificio.

Este ruteo de tubería es un desarrollo en base a las siguientes características:

- Un trazado más directo posible, evitando cambios de dirección innecesarios.
- Tubería de piso por los corredores y área de libre circulación, para facilitar la instalación y reparación.
- Sistema independiente para las aguas servidas y aguas lluvias.

Para este proyecto, por la disposición de los aparatos sanitarios, se ha tratado de que las tuberías de agua sanitaria de la planta alta, bajen directamente a las cajas de registro, para evitar que los bajantes tengan comunicación directa o cercana con los aparatos sanitarios de la planta baja, reduciendo los efectos de sifonamiento y evitar colocar un sistema de ventilación, que al existir muchos bajantes, sería muy costoso.

La tabla 3.17 corresponde a una forma de ir sumando las unidades de descarga según el ruteo de la tubería de aguas servidas. Este dimensionamiento se desarrolla en base a las tablas 2.4, 2.5, tomada del libro de M. Rodríguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971.

Las U.D. corresponden a las Unidades de Descarga, d corresponde al diámetro de la tubería equivalente en milímetros. Las U.D. se van sumando según el trazado de las tuberías, las cuales se van uniendo y descargando en una caja de revisión.

Tabla 3.17 Dimensionamiento Tubería de Aguas Servidas.

CAJA DE REVISION	BAJANTE	HABITACION	DERIVACION HAB		COLECTOR PISO		COLECTOR PRINCIPAL		COLECTOR PRINCIPAL 1		COLECTOR PRINCIPAL 2	
			U. D.	d	U. D.	d	U. D.	d	U. D.	d	U. D.	d
CR1	11	D37	10	110	10	110	116	160	191	160	260	160
		D38	10	110	20	110						
	NA	SEC	9	75	9	75						
	12	D40	10	110	10	110						
		D41	10	110	20	110						
		D39	10	110	30	110						
	13	D44	10	110	10	110						
		D43	10	110	20	110						
		D42	10	110	30	110						
	NA	BN 2	27	110	27	110						
CR2	9	D33	10	110	10	110	75	110	191	160	260	160
		D34	10	110	20	110						
		D32	10	110	30	110						
	10	D35	10	110	10	110						
		D36	10	110	20	110						
	NA	LAV	3	50	3	50						
		LAV	3	75	6	75						
	NA	D	10	110	10	110						
	NA	DESP	3	50	13	110						
	NA	CF	3	50	16	110						
NA	COC S	3	50	19	110							
CR3	8	D28	10	110	10	110	69	110				
		D30	10	110	20	110						
		D27	10	110	30	110						
		D29	10	110	40	110						
		D31	10	110	50	110						
	NA	COC S	3	50	3	50						
	NA	COC F	16	75	16	75						

Fuente: Propia.

Tabla 3.17 Dimensionamiento Tubería de Aguas Servidas. (Continuación)

CAJA DE REVISION	BAJANTE	HABITACION	DERIVACION HAB		COLECTOR PISO		COLECTOR PRINCIPAL		COLECTOR PRINCIPAL 1		COLECTOR PRINCIPAL 2	
			U. D.	d	U. D.	d	U. D.	d	U. D.	d	U. D.	d
CR4	4	D15	10	110	10	110	70	110	114	110	174	160
		D17	10	110	20	110						
		D16	10	110	30	110						
		D18	10	110	40	110						
	NA	SAC	10	110	7	110						
	NA	D22	10	110	10	110						
D23		10	110	20	110							
CR5	NA	BÑ 1	34	110	34	110	44	110				
		DIR	10	110	44	110						
CR6	6	D2	10	110	10	110	60	110				
		D3	10	110	20	110						
	7	D24	10	110	10	110						
		D26	10	110	20	110						
		D25	10	110	30	110						
		D1	10	110	40	110						
CR7	NA	BBQ	4	50	4	50	74	110	114	160	144	160
		3	D12	10	110	10						
	D13		10	110	20	110						
	D11		10	110	30	110						
	D14		10	110	40	110						
	5	D21	10	110	10	110						
		D20	10	110	20	110						
		D19	10	110	30	110						
	2	D8	10	110	10	110						
		D9	10	110	20	110						
		D7	10	110	30	110						
		D10	10	110	40	110						
	1	D5	10	110	10	110						
		D6	10	110	20	110						
D4		10	110	30	110							

Fuente: Propia.

Para calcular los diámetros de los bajantes de aguas lluvias, se utiliza la tabla 3.18, que es una tabla modificada de la tabla 2.6, en la que se aumenta la relación correspondiente para un régimen pluviométrico de la ciudad de Quito y sus alrededores de 11 centímetros por hora.

Tabla 3.18 Diámetro de las columnas de aguas lluvias.

Diámetro de la columna, en mm.	Columnas de Aguas Lluvias	
	Área de Cubierta (Proyección Horizontal), en m ² . RP:10cm/h	Área de Cubierta (Proyección Horizontal), en m ² . RP:11cm/h
50	Hasta 8	Hasta 7
50	9 a 25	8 a 23
75	26 a 75	24 a 68
75	76 a 170	69 a 153
110	171 a 335	154 a 302
160	336 a 500	302 a 450
160	501 a 1000	451 a 900
200	-	-

Fuente: Propia.

Tabla 3.19 Dimensionamiento Tubería de Aguas Lluvias.

CAJA DE REVISION	BAJANTE	LUGAR	DERIVACION		COLECTOR PISO		COLECTOR PRINCIPAL		COLECTOR PRINCIPAL 1		COLECTOR PRINCIPAL 2	
			Área	d	Área	d	Área	d	Área	d	Área	d
CR8	1	TE1	91	75	91	75	918	160	1280	200	1872	200
	3	TE3	79	75	170	110						
	5	TE5	79	75	249	110						
	6	TE6	99	75	99	75						
	NA	RA 2	65	75	65	75						
	NA	ES4	34	75	65	75						
	NA	RA 1	65	75	65	75						
	NA	ES1	34	75	99	75						
	NA	ES2	87	75	186	110						
	2	TE2	55	75	241	110						
	NA	ES3	157	110	343	160						
4	TE4	73	75	314	160							
CR9	NA	PA1	65	75	65	75	362	160				
	NA	PA2	65	75	130	75						
	7	TE7	134	75	264	110						
	8	TE8	98	75	362	160						
CR10	NA	PA3	65	75	65	75	264	110	1652	200		
	NA	PA4	65	75	130	75						
	9	TE9	43	75	173	110						
	10	TE10	91	75	264	110						
	11	TE11	164	110	428	160	428	160				
	12	TE12	164	110	592	160	592	160				
	NA	C. M.	28	75	28	75	28	75	28	75	28	75

Fuente: Propia.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1 INTRODUCCION

El análisis de costos, sirve para determinar los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Generalmente cuando se diseña un proyecto, se cobra el costo por el diseño del sistema y se entrega un presupuesto estimativo, con el que la persona interesada, puede tener una idea aproximada del costo de montaje del proyecto.

4.2 VOLUMEN DE OBRA

El cálculo del volumen de obra corresponde a un conteo de materiales, accesorios y equipos del sistema. La tabla 4.1 muestra el conteo del material del proyecto.

Tabla 4.1 Conteo Sistema de Agua Potable Fría y Caliente.

D E S C R I PCION	CANT.
Tubería de PP Cuatritubo Presión roscable (m)	
2"	78
1 1/2"	84
1 1/4"	216
1"	72
3/4"	216
1/2"	918
Codos 90° de PP presión roscable	
2"	2
1 1/2"	26
1 1/4"	21
1"	7
3/4"	36
1/2"	1350
Codos 45° de PP presión roscable	
3/4"	3
Tee de PP presión roscable	
2"	13
1 1/2"	17
1 1/4"	55
1"	6
3/4"	13
1/2"	430
Tee Reducida de PP presión roscable	
1" a 3/4"	8
1" a 1/2"	20
3/4" a 1/2"	12
Reducción de PP presión roscable	
1" a 3/4"	10
1" a 1/2"	3
3/4" a 1/2"	14
Bushing de PP presión roscable	
2" a 1 1/2"	8
2" a 1"	2
2" a 3/4"	4
2" a 1/2"	2
1 1/2" a 1 1/4"	9
1 1/2" a 1"	2
1 1/2" a 3/4"	7
1 1/4" a 1"	13
1 1/4" a 3/4"	35

Tabla 4.1 Conteo Sistema de Agua Potable Fría y Caliente. (Continuación)

D E S C R I P C I O N	CANT.
1 1/4" a 1/2"	16
Tapón de PP presión roscable	
Tapón hembra diam 1/2"	427
Tapón macho diam 1/2"	483
Universales de PP presión roscable	
2"	4
1 1/2"	6
1 1/4"	8
3/4"	50
1/2"	77
Unión de PP presión roscable	
2"	13
1 1/2"	14
1 1/4"	36
1"	12
3/4"	36
1/2"	153
Válvulería	
Válvula compuerta diam 2"	2
Válvula compuerta diam 1 1/2"	4
Válvula compuerta diam 1 1/4"	4
Válvula compuerta diam 3/4"	50
Válvula compuerta diam 1/2"	48
Válvula check diam 2"	2
Válvula check diam 1 1/2"	2
Válvula check diam 1 1/4"	4
Válvula check diam 1/2"	29
Medidor	
Filtro diam 2"	1
Válvula Check diam 2"	1
Válvula compuerta diam 2"	1
Universal diam 2"	1
Laves de manguera	
diam 1/2"	13
Soporte de Tubería	
Soportes de tuberías aéreas ancladas a paredes o losas	264

Fuente: Propia

Tabla 4.2 Conteo Sistema de Aguas Servidas y Lluvias.

D E S C R I PCION	CANT.
Tubería de PVC E/C tipo B (m)	
160 mm	77
110 mm	391
75 mm	255
50 mm	150
Codos 45° de PVC E/C tipo B	
110 mm	34
75 mm	193
50 mm	105
Yee de PVC E/C tipo B	
110 mm	91
75 mm	6
50 mm	64
Yee Reducida de PVC E/C tipo B	
160 mm x 110 mm	14
110 mm x 75 mm	18
110 mm x 50 mm	61
75mm x 50 mm	61
Reducción de PVC E/C tipo B	
116mm x 110 mm	61
110 mm x 75 mm	5
110 mm x 50 mm	61
75mm x 50 mm	5
Unión de PVC E/C tipo B	
160 mm	13
110 mm	65
75 mm	43
50 mm	25
Sifón	
110 mm	4
75 mm	27
50 mm	100
Rejilla de piso	
Tipo T-125 x 50 mm	58
Tipo CC-150x110 mm	4
Tipo CC-125x75 mm	27
Soporte de Tubería	
Soportes de tuberías aéreas ancladas a paredes o losas	146

Fuente: Propia

Tabla 4.3 Conteo Cuarto de Máquinas.

D E S C R I PCION	CANT.
Sistema de Presión Agua Potable Fría	
Bomba principa, 300 lpm @ 40 m H2O, 7,5 hp, 460/3/60.	2
Tanque precargado, de 112 l.	1
Sistema de Calentamiento Agua Potable Caliente	
Calentador de agua, de 200.000 kcal/h.	1
Tanque de almacenamiento de agua caliente, de 1.800 l.	1
Tanque de expansión de agua caliente, de 220 l.	1
Bomba de Recirculación del Edificio, de 12 lpm @ 30 m H2O.	1
Bomba de Circulación del Tanque de Almacenamiento, de 22 lpm @ 0,8 m H2O.	1
Valvuleria y accesorios	
Sensor de Temperatura	1
Válvula alivio diam 1"	4
Válvula mezcla diam 1 1/2"	1
Manómetro	7
Termómetro	4
Válvula de Flotador	1
Filtro diam 2"	2
Filtro diam 1 1/2"	2
Válvula compuerta diam 3"	3
Válvula compuerta diam 2"	5
Válvula compuerta diam 1 1/2"	10
Válvula compuerta diam 1/2"	2
Válvula check diam 3"	1

Tabla 4.3 Conteo Cuarto de máquinas. (Continuación)

D E S C R I P C I O N	CANT.
Válvula check diam 2"	3
Válvula check diam 1 1/2"	2
Válvula check diam 1/2"	1
Tubería AG SCH 40 S/C (m)	
3"	24
2"	6
1 1/2"	18
1/2"	12
Codos 90° de AG roscable	
3"	8
2"	6
1 1/2"	18
1/2"	6
Tee de AG roscable	
3"	1
1 1/2"	3
1/2"	2
Tee Reducida de AG roscable	
3" a 2"	4
3" a 1 1/2"	1
3" a 1"	6
1 1/2" a 1"	7
1 1/2" a 1/2"	1
Bushing de AG roscable	
1" a 1/2"	16
Tapón de AG presión roscable	
Tapón macho diam 3"	2
Universales de AG presión roscable	
3"	8
2"	16
1 1/2"	24
1/2"	6
Unión de AG presión roscable	
3"	4
2"	1
1 1/2"	3
1/2"	2
Soporte de Tubería	
Soportes de tuberías aéreas ancladas a paredes o losas	10

Fuente: Propia

4.3 COSTO REFERENCIAL DE DISEÑO

El costo por el diseño se realiza en función del tipo de proyecto, el área del mismo, su complejidad, los diseñadores y dibujantes involucrados. Para calcular el costo del diseño, se parte de un diseño referencial por metro cuadrado, en el que se toman en cuenta el tiempo de diseño, generalmente de un diseñador y un dibujante, los materiales que se utilizan (computador, software, plotter, etc.), los materiales que se entregan (especificaciones, planos, presupuesto, cd, etc.) y los insumos de papelería. El costo referencial de diseño, proporcionado por la empresa Imecanic Cía. Ltda, es de 0,40 usd por metro cuadrado. La tabla 4.4 muestra el costo final del diseño.

Tabla 4.4 Costo Referencial de Diseño del Sistema Hidrosanitario

Item	Tipo	Costo
1	Sistema:	Hidrosanitario
2	Área construcción total:	2.300 m ²
3	Costo Diseño por metro cuadrado:	\$ 0,40
	Costo Diseño Total sin IVA	\$ 920,00

Fuente: Propia

4.4 PRESUPUESTO

Para desarrollar un presupuesto, se parte del volumen de obra del proyecto. Un presupuesto se puede hacer tomando en cuenta costos de materiales, mano de obra, etc., totales o por precios unitarios, para este proyecto se ha decidido partir de precios unitarios, en donde se toma en cuenta el material, la mano de obra, el equipo utilizado y el transporte. En el presupuesto se deben sumar costos directos y costos indirectos.

Los factores y precios son tomados de la empresa Imecanic Cía. Ltda., Hidromundo, Acero Comercial, La Llave S.A y la Cámara de la Construcción de Quito Para este presupuesto se parte de costos establecidos en el medio, consultado a las empresas antes mencionadas.

4.4.1 COSTOS DIRECTOS

4.4.1.1 Material directo

El material directo se refiere a la tubería, accesorio o equipos que se va a instalar. Dentro de este rubro se debe considerar los consumibles menores, como limpiadores, pega, grasa, etc., que pueden equivaler al 5% del costo que se compra el material.

4.4.1.2 Mano de obra directa

La mano de obra directa se refiere a las personas que intervienen para instalar el material, estas pueden ser un técnico especializado, un plomero o un ayudante. El jornal por hora se calcula de su salario mensual dividido para 20 días laborables al mes y ocho horas de trabajo al día.

Para obtener el costo de instalación, se multiplica el costo de la mano de obra por hora por el tiempo que dure la instalación del material y por una utilidad, que puede ser del 15%. Los valores del tiempo de instalación o ejecución de una obra se obtienen de la empresa Imecanic Cía. Ltda.

4.4.1.3 Transporte

El transporte se refiere a los costos de movilización de los materiales.

4.4.2 COSTOS INDIRECTOS

4.4.2.1 Material indirecto

Los materiales indirectos se refieren a los equipos y herramientas usados para instalar el material, estos pueden ser herramienta manual, roscadora, cortadora o herramienta eléctrica.

4.4.2.2 Mano de obra indirecta

La mano de obra indirecta se refiere a las personas que intervienen para desarrollar este proyecto, estas pueden ser un jefe de proyecto y una secretaria. El jornal por hora se calcula de su salario mensual dividido para 20 días laborables al mes y ocho horas de trabajo al día.

Para obtener el costo de instalación, se multiplica el costo de la mano de obra por hora por el tiempo que dure la instalación del material y por una utilidad, que puede ser del 15%. Los valores del tiempo de instalación o ejecución de una obra se obtienen de la empresa Imecanic Cía. Ltda.

4.4.2.3 Gastos administrativos

Los gastos administrativos son los gastos en papel, uso de computadores, oficina, etc., que pueden equivalen al 15% de la mano de obra indirecta.

Para elaborar este presupuesto se parte de un análisis de precios unitarios, en el que se muestra los valores de costos directos e indirectos de cada ítem, este análisis se encuentra en los anexos. La tabla 4.5 muestra el resumen del presupuesto total. Las tablas 4.6, 4.7 y 4.8 muestran el detalle del presupuesto por sistema.

Tabla 4.5 Resumen Presupuesto Sistema Hidrosanitario.

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
Sistema de Agua Potable Fría y Caliente. (Global)	1	\$40.183,52	\$40.183,52
Sistema de Aguas Servidas y Lluvias. (Global)	1	\$23.755,51	\$23.755,51
Cuarto de Máquinas. (Global)	1	\$26.471,41	\$26.471,41
			\$90.410,44

Fuente: Propia

Tabla 4.6 Presupuesto Sistema de Agua Potable Fría y Caliente.

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
Tubería de PP Cuatritubo Presión roscable (m)			
2"	78	\$17,49	\$1.364,51
1 1/2"	84	\$15,38	\$1.292,21
1 1/4"	216	\$14,27	\$3.083,02
1"	72	\$12,65	\$910,60
3/4"	216	\$11,36	\$2.453,17
1/2"	918	\$10,62	\$9.750,08
Codos 90° de PP presión roscable			
2"	2	\$8,14	\$16,29
1 1/2"	26	\$6,45	\$167,82
1 1/4"	21	\$5,58	\$117,25
1"	7	\$4,39	\$30,71
3/4"	36	\$3,61	\$130,01
1/2"	1350	\$3,43	\$4.634,55
Codos 45° de PP presión roscable			
3/4"	3	\$4,14	\$12,41
Tee de PP presión roscable			
2"	13	\$11,53	\$149,95
1 1/2"	17	\$9,64	\$163,80
1 1/4"	55	\$8,78	\$482,65
1"	6	\$7,71	\$46,23
3/4"	13	\$6,95	\$90,35
1/2"	430	\$6,55	\$2.817,15
Tee Reducida de PP presión roscable			
1" a 3/4"	8	\$8,36	\$66,85
1" a 1/2"	20	\$8,25	\$165,02
3/4" a 1/2"	12	\$7,42	\$89,06
Reducción de PP presión roscable			
1" a 3/4"	10	\$4,03	\$40,31
1" a 1/2"	3	\$4,81	\$14,42
3/4" a 1/2"	14	\$3,99	\$55,85
Bushing de PP presión roscable			
2" a 1 1/2"	8	\$7,04	\$56,33
2" a 1"	2	\$4,71	\$9,43
2" a 3/4"	4	\$6,94	\$27,75
2" a 1/2"	2	\$5,74	\$11,48
1 1/2" a 1 1/4"	9	\$3,91	\$35,15
1 1/2" a 1"	2	\$4,07	\$8,15
1 1/2" a 3/4"	7	\$4,34	\$30,35
1 1/4" a 1"	13	\$3,79	\$49,27
1 1/4" a 3/4"	35	\$4,07	\$142,56
1 1/4" a 1/2"	16	\$4,18	\$66,85
Tapón de PP presión roscable			
Tapón hembra diam 1/2"	427	\$3,35	\$1.430,02
Tapón macho diam 1/2"	483	\$3,35	\$1.617,57
Universales de PP presión roscable			
2"	4	\$12,41	\$49,65
1 1/2"	6	\$10,70	\$64,22
1 1/4"	8	\$9,00	\$72,03

**Tabla 4.6 Presupuesto Sistema de Agua Potable Fría y Caliente.
(Continuación)**

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
3/4"	50	\$4,87	\$243,53
1/2"	77	\$3,95	\$303,92
Union de PP presión roscable			
2"	13	\$5,58	\$72,59
1 1/2"	14	\$5,25	\$73,47
1 1/4"	36	\$4,90	\$176,45
1"	12	\$4,08	\$49,00
3/4"	36	\$3,57	\$128,50
1/2"	153	\$3,45	\$528,46
Válvulería			
Válvula compuerta diam 2"	2	\$65,67	\$131,34
Válvula compuerta diam 1 1/2"	4	\$42,49	\$169,95
Válvula compuerta diam 1 1/4"	4	\$31,66	\$126,65
Válvula compuerta diam 3/4"	50	\$18,97	\$948,45
Válvula compuerta diam 1/2"	48	\$15,82	\$759,46
Válvula check diam 2"	2	\$118,04	\$236,08
Válvula check diam 1 1/2"	2	\$55,25	\$110,51
Válvula check diam 1 1/4"	4	\$40,14	\$160,55
Válvula check diam 1/2"	29	\$25,02	\$725,64
Medidor			
Filtro diam 2"	1	\$118,04	\$118,04
Válvula Check diam 2"	1	\$118,04	\$118,04
Válvula compuerta diam 2"	1	\$65,67	\$65,67
Universal diam 2"	1	\$12,41	\$12,41
Laves de manguera			
diam 1/2"	13	\$11,52	\$149,77
Soporte de Tubería			
Soportes de tuberías aéreas ancladas a paredes o losas	264	\$11,21	\$2.959,97
			\$40.183,52

Fuente: Propia

Tabla 4.7 Presupuesto Sistema de Aguas Servidas y Lluvias.

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
Tubería de PVC E/C tipo B (m)			
160 mm	77	\$19,15	\$1.474,51
110 mm	391	\$13,73	\$5.368,23
75 mm	255	\$12,80	\$3.263,87
50 mm	150	\$10,95	\$1.642,50
Codos 45° de PVC E/C tipo B			
110 mm	34	\$7,36	\$250,12
75 mm	193	\$5,62	\$1.083,70
50 mm	105	\$4,19	\$439,79
Yee de PVC E/C tipo B			
110 mm	91	\$10,76	\$978,98
75 mm	6	\$10,20	\$61,21
50 mm	64	\$7,75	\$495,84
Yee Reducida de PVC E/C tipo B			
160 mm x 110 mm	14	\$22,22	\$311,14
110 mm x 75 mm	18	\$15,10	\$271,82
110 mm x 50 mm	61	\$10,20	\$622,32
75mm x 50 mm	61	\$11,31	\$690,15
Reducción de PVC E/C tipo B			
116mm x 110 mm	61	\$15,97	\$974,11
110 mm x 75 mm	5	\$5,70	\$28,50
110 mm x 50 mm	61	\$5,70	\$347,64
75mm x 50 mm	5	\$4,85	\$24,25
Union de PVC E/C tipo B			
160 mm	13	\$15,74	\$201,97
110 mm	65	\$5,00	\$325,57
75 mm	43	\$4,76	\$202,09
50 mm	25	\$4,01	\$100,25
Sifón			
110 mm	4	\$15,73	\$62,92
75 mm	27	\$13,12	\$354,20
50 mm	100	\$10,02	\$1.002,35
Rejilla de piso			
Tipo T-125 x 50 mm	58	\$14,77	\$856,37
Tipo CC-150x110 mm	4	\$23,70	\$94,81
Tipo CC-125x75 mm	27	\$21,62	\$583,61
Soporte de Tubería			
Soportes de tuberías aéreas ancladas a paredes o losas	146	\$11,29	\$1.642,70
			\$23.755,51

Fuente: Propia

Tabla 4.8 Presupuesto Cuarto de máquinas.

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
Sistema de Presión Agua Potable Fría			
Bomba principal, marca Grundfos, mod: CR32, 300 lpm @ 40 m H ₂ O, 7,5 hp, 460/3/60.	2	\$2.281,30	\$4.562,60
Tanque precargado, marca WellMate, de 112 l.	1	\$442,78	\$442,78
Sistema de Calentamiento Agua Potable Caliente			
Calentador de agua, de 200.000 kcal/h.	1	\$10.344,36	\$10.344,36
Tanque de almacenamiento de agua caliente, de 1.800 l.	1	\$2.854,36	\$2.854,36
Tanque de expansión de agua caliente, marca Amtrol, de 220 l.	1	\$79,21	\$79,21
Bomba de Recirculación del Edificio, de 12 lpm @ 30 m H ₂ O.	1	\$667,00	\$667,00
Bomba de Circulación del Tanque de Almacenamiento, de 22 lpm @ 0,8 m H ₂ O.	1	\$312,34	\$312,34
Tablero de Arrancadores para Cuarto de Bombas	1	\$2.000,00	\$2.000,00
Valvulería y accesorios			
Sensor de Temperatura	1	\$12,16	\$12,16
Válvula alivio diam 1"	4	\$11,60	\$46,41
Válvula mezcla diam 1 1/2"	1	\$11,60	\$11,60
Manómetro	7	\$42,76	\$299,31
Termómetro	4	\$55,60	\$222,39
Válvula de Flotador	1	\$73,93	\$73,93
Filtro diam 2"	2	\$62,20	\$124,40
Filtro diam 1 1/2"	2	\$53,47	\$106,94
Válvula compuerta diam 3"	3	\$167,02	\$501,05
Válvula compuerta diam 2"	5	\$65,67	\$328,36
Válvula compuerta diam 1 1/2"	10	\$42,49	\$424,88

Tabla 4.8 Presupuesto Cuarto de máquinas. (Continuación)

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
Válvula compuerta diam 1/2"	2	\$15,82	\$31,64
Válvula check diam 3"	1	\$180,82	\$180,82
Válvula check diam 2"	3	\$118,04	\$354,12
Válvula check diam 1 1/2"	2	\$55,25	\$110,51
Válvula check diam 1/2"	1	\$25,02	\$25,02
Tubería AG SCH 40 S/C (m)			
3"	24	\$23,03	\$552,83
2"	6	\$18,41	\$110,45
1 1/2"	18	\$16,43	\$295,72
1/2"	12	\$12,24	\$146,85
Codos 90° de AG roscable			
3"	8	\$7,50	\$60,03
2"	6	\$5,58	\$33,50
1 1/2"	18	\$5,06	\$91,06
1/2"	6	\$3,56	\$21,35
Tee de AG roscable			
3"	1	\$15,68	\$15,68
1 1/2"	3	\$11,40	\$34,19
1/2"	2	\$7,65	\$15,31
Tee Reducida de AG roscable			
3" a 2"	4	\$28,01	\$112,04
3" a 1 1/2"	1	\$27,77	\$27,77
3" a 1"	6	\$27,39	\$164,35
1 1/2" a 1"	7	\$22,45	\$157,16
1 1/2" a 1/2"	1	\$20,92	\$20,92
Bushing de AG roscable			
1" a 1/2"	16	\$4,30	\$68,86
Tapón de AG presión roscable			
Tapón macho diam 3"	2	\$4,30	\$8,61
Universales de AG presión roscable			
3"	8	\$6,87	\$54,99
2"	16	\$6,44	\$103,10
1 1/2"	24	\$5,70	\$136,78
1/2"	6	\$4,30	\$25,82

Tabla 4.8 Presupuesto Cuarto de máquinas. (Continuación)

DESCRIPCION	CANT.	MATERIALES & MANO OBRA	
		UNITARIO	TOTAL
Union de AG presión roscable			
3"	4	\$4,95	\$19,82
2"	1	\$4,84	\$4,84
1 1/2"	3	\$4,73	\$14,20
1/2"	2	\$3,66	\$7,33
Soporte de Tubería			
Soportes de tuberías aéreas ancladas a paredes o losas	10	\$5,16	\$51,64
			\$26.471,41

Fuente: Propia

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. Se realizó la Ingeniería Básica y de Detalle de un Sistema Hidrosanitario, la cual comprende agua potable, aguas servidas, aguas lluvias y cuarto de máquinas, para el proyecto La Misión.
2. Se establecieron normas y códigos internacionalmente aceptados para el diseño hidrosanitario, ya que lamentablemente en el Ecuador no hay una normativa específica para instalaciones hidrosanitarias.
3. Se desarrolló especificaciones generales como tamaño de tubería y características de los equipos, para la ingeniería básica del sistema.
4. Aplicando los conocimientos adquiridos en la ESPE, más la utilización de normas códigos, se realizaron los cálculos de diseño para el sistema hidrosanitario.
5. Se desarrollo un análisis de costos unitarios totales para la implementación del Proyecto.

5.2 RECOMENDACIONES

1. Cuando se realiza un diseño hidrosanitario, es necesario revizar si hay un sistema de aire acondicionado, en la mayoría de casos, se debe incluir en el sistema de aguas lluvias, un sistema de drenaje del agua condensada de los equipos de aire acondicionado.

2. Para desarrollar cualquier proyecto de diseño hidrosanitario, se deben revisar las normas y códigos vigentes locales, para cumplirlos y que la aprobación de las autoridad competente, no tenga ningún contratiempo.
3. Las especificaciones de diseño de los elementos del sistema hidrosanitario deben procurar ser factibles, posibles de encontrar en el mercado y económicamente viables, de acuerdo al proyecto a desarrollarse.
4. Cuando se consulte fuentes bibliográficas, se debe procurar que el método de cálculo usado sea viable para el proyecto, algunos métodos de cálculos son aconsejables para proyectos pequeños, cuando se aplica para proyectos grandes puede llevar a errores, en el caudal de agua necesario y en el dimensionamiento de los elementos.
5. Para el desarrollo de un presupuesto se debe tomar en cuenta, descuentos, fluctuaciones de precios, proveedores, etc., que pueden afectar el costo referencial, llevando a una inversión en la construcción más alta de lo presupuestado.
6. Para poder hacer el diseño de un sistema hidrosanitario de forma más eficiente, se recomienda desarrollar una base de datos de los equipos, tubería y accesorios, un software con las fórmulas de cálculo y una lista de precios.

BIBLIOGRAFÍA

- **Estados Unidos, International Plumbing Code, 2006, pp. 124 - 126.**
- **Claude B. Nolte, Optimum Pipe Size Selection, Primera ed., S.L., Trans Tech Publications, 1978, p. 47.**
- **R. Dodge Woodson, National Plumbing Codes Handbook, Primera ed., S.L., McGraw-Hill, 1993, 285 p.**
- **Tyler G. Hicks, Plumbing Design and Installation Reference Guide, Primera ed., S.L., McGraw-Hill, 1986, 11-24 p.**
- **Crane, Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, The McGraw-Hill, 1988, 3-3p, 3-6p.**
- **J. Mueller, Plumbing Design and Installation Details, The McGraw-Hill, 1987, 51p.**
- **M. Rodriguez-Avial, Instalaciones Sanitarias para Edificios, Quinta ed., Editorial Dossat, 1971, 311p.**
- **ASHRAE HANDBOOK, HVAC Applications, 1999, pp. 48-1 – 48-23.**
- **Bradford White, On Demand Water Heater System Design Manual, 2009, pp. 1 – 40.**