

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE SISTEMAS DE
CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL E INDIVIDUAL EN EDIFICACIONES**

**CAMILO ARMANDO RODRIGUEZ RODRIGUEZ
MARIA FERNANDA PIMIENTA CORREA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE SISTEMAS DE
CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL E INDIVIDUAL EN EDIFICACIONES**

**CAMILO ARMANDO RODRIGUEZ RODRIGUEZ
MARIA FERNANDA PIMIENTA CORREA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIEROS CIVILES**

**Director
ING. RAFAEL ORTIZ PEREZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2009**

Nota de aceptación:

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Marzo 10 de 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios padre ante todo por llenarme de bendiciones, a nuestras familias por su apoyo, respaldo, paciencia y lo más importante por su amor, a las personas que estuvieron en nuestro proceso educativo y aportaron conocimientos.

Agradecemos al Ing. Rafael Ortiz Pérez, por su enorme colaboración, dedicación y seguimiento durante el desarrollo de nuestro proyecto de grado. Nos llevamos muchas enseñanzas y valores que a través de nuestra carrera aprendimos de él. Finalmente agradecemos a la Universidad Pontificia Bolivariana por su aporte directo e indirecto durante el desarrollo de nuestra vida profesional.

CONTENIDO

	pàg.
1. INTRODUCCION	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
3. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 CÁLCULO DEL CAUDAL.....	15
3.2 DISEÑO HIDRÁULICO.....	15
3.3. PÉRDIDAS MENORES	16
3.4 ESQUEMAS DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS	17
3.5 SUMINISTRO DE GAS.....	18
3.6 NORMATIVIDAD	19
4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO EN EDIFICACIONES.....	20
5. PROCESO PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN INDIVIDUAL	21
5.1 DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO.....	21
5.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA	22
5.3 DISEÑO DE ALMACENAMIENTO Y ACOMETIDA	24
5.3.1 Distribución del almacenamiento	25
5.3.2 Diseño de acometida	25
5.4 DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN EXTERIOR.....	26
5.4.1 Diámetro óptimo.....	27
5.4.2 Capacidad conjunto motor-bomba	29
5.4.3 Red de agua fría servida por el tanque elevado.....	30
5.4.4 Presiones en bajante de distribución.....	31
5.5 CHEQUEO (DISEÑO) DE APARTAMENTOS CRÍTICOS	33
5.5.1 Piso 9 – Apartamento 901.....	33
5.5.2 Sistema de agua caliente	35

5.5.3 Apartamento crítico sistema hidroneumático.....	37
5.5.4 Resumen de presiones.....	40
5.6 DISEÑO SISTEMAS DE BOMBEO.....	40
5.6.1 Calculo de succión y descarga del hidroneumático.....	40
6. PROCESO PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL.....	42
6.1 DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO.....	42
6.2 DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN EXTERIOR.....	43
6.2.1 Sistema de agua caliente central.....	45
6.2.2 Recirculación de agua caliente.....	48
6.3 CHEQUEO (DISEÑO) DE APARTAMENTOS CRÍTICOS.....	48
6.3.1 Resumen de presiones calentamiento central.....	56
6.4 SUMINISTRO DE AGUA FRÍA AL SISTEMA DE CALENTAMIENTO.....	56
7. DISEÑO REDES DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA INDIVIDUAL.....	58
7.1.1 Caudales de diseño.....	59
7.2 CHEQUEO (DISEÑO) APARTAMENTO CRÍTICO.....	61
7.2.1 Redes a apartamentos.....	62
8. DISEÑO REDES DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL.....	65
8.1 ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA.....	65
8.1.1 Caudal de diseño.....	65
9. ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS.....	67
9.1 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO (DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS) PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA INDIVIDUAL.....	68
9.2 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL.....	71
10. ANALISIS DE RESULTADOS.....	74
11. CONCLUSIONES.....	75
12. RECOMENDACIONES.....	76
13. BIBLIOGRAFÍA.....	77
ANEXOS.....	78

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Cálculo de la demanda para consumo doméstico	22
Tabla 2. Unidades de gasto	23
Tabla 3. Demanda en unidades de gasto en el edificio.	23
Tabla 4. Consolidado de la demanda en UG para todo el edificio	24
Tabla 5. Total de la demanda en el condominio	24
Tabla 6. Diámetro óptimo de la acometida.....	25
Tabla 7. Chequeo de la acometida con diámetro de 1,25"	26
Tabla 8. Datos para la estimación de Hd	28
Tabla 9. Características del sistema tanque bajo tanque alto.....	30
Tabla 10. Dimensionamiento y chequeo de bajante de agua fría mas agua Caliente	32
Tabla 11. Chequeo de presiones en apartamento critico del piso 9 – 901	34
Tabla 12. Cálculo de unidades de consumo de agua caliente	35
Tabla 13. Chequeo de presiones red de agua caliente apartamento 1201.....	36
Tabla 14. Chequeo de presiones red de agua caliente apartamento 901.....	36
Tabla 15. Chequeo de presiones de red de agua fría apartamento critico 1201 (hidroneumático)	38
Tabla 16. Resumen de presiones	40
Tabla 17. Necesidad de sistema hidroneumático	40
Tabla 18. Dimensionamiento y chequeo de bajante de agua fría	44
Tabla 19. Cálculo de unidades de consumo de agua caliente	45
Tabla 20. Chequeo de presiones en la Bajante de distribución de agua caliente ..	47
Tabla 21. Chequeo de presiones en aparato critico del piso 9 - 901	49
Tabla 22. Chequeo de presiones en red de agua fría apartamento crítico piso 12 (hidroneumático)	51
Tabla 23. Chequeo de presiones agua caliente apartamento 1201	54
Tabla 24. Chequeo de presiones agua caliente apartamento 901	55
Tabla 25. Resumen de presiones	56

Tabla 26. Consumo de gas en diferentes aparatos	59
Tabla 27. Dimensionamiento de tuberías.....	62
Tabla 28. Dimensionamiento de tuberías.....	65
Tabla 29. Cantidades de obra y presupuesto (sistema de calefacción individual)	68
Tabla 30. Cantidades de obra y presupuesto (sistema de calefacción central)	71

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Distribución de agua sistema individual.....	17
Figura 2. Distribución de agua sistema central	18

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Bomba a sistema hidroneumático

ANEXO B. Bomba sistema tanque bajo a tanque alto

ANEXO C. Documentación de medidores Tavira

ANEXO D. Norma NTC 1500 (código colombiano de fontanería)

ANEXO E. Tabla Suministro unidades de Hunter

ANEXO F. Planos arquitectónicos.

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS ENTRE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL E INDIVIDUAL EN EDIFICACIONES

AUTOR (ES): Camilo Armando Rodríguez Rodríguez
Maria Fernanda Pimienta Correa

FACULTAD: Facultad de Ingeniería civil

DIRECTOR (A): Rafael Ortiz Pérez

RESUMEN

Bucaramanga es una de las ciudades con mayor crecimiento en Colombia, y hasta el momento son pocas las edificaciones que se abastecen de agua caliente por medio de un sistema de calefacción central, este sistema le proporciona al usuario un mayor confort, seguridad, espacio, entre otros beneficios como podrían ser los económicos, beneficios que el sistema de calefacción individual no posee. Por estas razones sería importante conocer si el sistema de calentamiento de agua central es más económico que el sistema individual convirtiéndose así en el sistema más completo y utilizado en Bucaramanga. Según lo dicho anteriormente se desarrolló el diseño hidráulico y de gas de un edificio de doce pisos, que se encuentra clasificado en el estrato socio – económico 4 (medio) y que se abastecerá de agua caliente mediante dos sistemas; primero mediante un sistema de calentamiento de agua central y segundo mediante un sistema de calentamiento de agua individual, con el objeto de comparar costos entre los dos sistemas antes mencionados. Para esto se siguió una metodología muy sencilla que encierra todo el proceso llevado a cabo en el proyecto de grado; primero se realizó el diseño hidráulico y de gas de una edificación que funciona mediante un sistema de calentamiento de agua individual, el segundo paso a seguir fue la realización del diseño hidráulico y de gas de una edificación pero teniendo en cuenta que el edificio funciona con un sistema de calentamiento de agua central. Los dos sistemas de calentamiento de agua cuentan con un esquema de abastecimiento mixto que funciona con un equipo hidroneumático para pisos superiores y por gravedad para los otros pisos. Por último se calcularon las cantidades de obra y los costos de instalación despreciando los análisis de precios unitarios, porque el propósito es calcular un presupuesto estimativo de los dos sistemas; analizando y comparando costos entre ellos. Así este trabajo concluye que el diseño hidráulico y de gas que funciona con un sistema de calentamiento de agua central, es más económico por una mínima diferencia que el sistema individual. Además el sistema central tiene más beneficios para los usuarios. Siendo una prioridad la seguridad y el bienestar de las personas, se debería implementar el sistema de calentamiento de agua central para todos los proyectos de vivienda.

Palabras claves: Sistema de calentamiento de agua central e individual

TITLE: COMPARATIVE ANALYSIS OF COSTS BETWEEN SYSTEMS OF CENTRAL AND INDIVIDUAL HEATING IN BUILDINGS.

AUTHOR: Camilo Armando Rodríguez Rodríguez
María Fernanda Pimienta Correa

FACULTY: Facultad de Ingeniería civil

DIRECTOR: Rafael Ortiz Pérez

ABSTRACT

Bucaramanga is one of the cities with more growth in Colombia, and until the moment they are few the constructions that are supplied of hot water by a system of central heating, this system provides the user a bigger comfort, security, space, among other benefits like economic ones, benefits that the system of individual heating doesn't possess. For these reasons it would be important to know if the system of central heating is more economic than the individual system becoming this way the most complete system and used in Bucaramanga. According to that this project developed the hydraulic and gas design of a twelve floor building that is classified in the 4 (four) socio - economic level, that will be supplied of hot water by two systems; first by means of a system of central heating and second by means of a system of individual heating, in order to comparing costs between this two systems. The analysis was made in two phases: The first phase includes the hydraulic and gas design of the building that is supplied of hot water by means of a system of individual heating, the second phase includes the hydraulic and gas design of the building but in this case the hot water is supplied by means of a system of central heating. The two systems of heating water have outline of mixed supply that works with a bomb of pressure equipment for superior floors and graveness equipment for the other floors. Finally the quantities of work and the installation costs were calculated with the depreciation analyses of the unitary prices, because the purpose is to calculate a budget of the two systems; analyzing and comparing costs among them. This work concludes with the hydraulic and gas design that works with a system of central heating, that is more economic for a minimum difference than the individual system, and also the central system has more benefits for the users. The priority has to be, the security and the comfort for the beneficiaries, for that reason the central system should be implement in all of the housing projects.

KEYWORDS: System of central and individual heating.

1. INTRODUCCION

En el municipio de Bucaramanga el sistema de abastecimiento de agua caliente mas empleado en los hogares y en general en edificaciones de vivienda, es el sistema individual, debido a su gran comercialización y convencionalidad, este sistema remplazó los calentadores de agua eléctricos o duchas eléctricas, los cuales aumentaban el consumo de electricidad en las viviendas, incluyendo un aumento en el riesgo para los usuarios.

Ante esta situación y con el objetivo de minimizar los riesgos en los usuarios, actualmente se esta implementando en Bucaramanga un sistema de calentamiento de agua central, que en grandes ciudades como Bogota ya es el más utilizado. El sistema de calentamiento de agua central le proporciona al usuario una cantidad de beneficios que se basan en seguridad y confort, entre los cuales están: la eliminación de gases; monóxido de carbono en el interior del inmueble, mejor utilización del espacio, eliminación de ventilaciones y ductos de ventilación, disponibilidad inmediata (24) horas de agua caliente, entre otros.

Con los anteriores antecedentes el presente proyecto tiene como objeto comparar costos y beneficios de los dos sistemas utilizados en edificaciones en Bucaramanga (sistema de calefacción central y sistema de calefacción individual).

El proceso se llevo a cabo realizando como primer paso el diseño de redes de distribución, tanques y sistema de bombeo para sistema de calentamiento de agua individual siguiendo el método de Hunter (caudales), Normas ICONTEC⁽¹⁾ y AMB⁽²⁾, de la misma forma se realizo para un sistema de calentamiento de agua central. Finalizando con la comparación de costos entre los dos sistemas de abastecimiento de agua caliente mencionados en cuanto a mano de obra (materiales e instalación).

⁽¹⁾ ICONTEC, Instituto Colombiana de Normas Técnicas.

⁽²⁾ AMB, Acueducto Municipal de Bucaramanga.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer una comparación técnica y financiera de costos, de sistemas de calentamiento de agua central y un sistema de calentamiento individual.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Elaborar el diseño hidráulico y de gas para un sistema de abastecimiento de agua caliente central en un edificio de 12 pisos.
- Elaborar el diseño hidráulico y de gas para un sistema de abastecimiento de agua caliente individual en un edificio de 12 pisos.
- Establecer la comparación de costos y beneficios entre los dos sistemas de abastecimiento de agua caliente.

3. MARCO TEÓRICO⁽¹⁾

El marco teórico del presente trabajo de grado, está establecido por el conjunto de procedimientos, normas y teorías utilizadas para el dimensionamiento de instalaciones hidráulicas en edificaciones; de la misma manera es necesario incluir las metodologías del diseño de redes de gas.

3.1 CÁLCULO DEL CAUDAL

El cálculo del caudal en cada tramo se obtiene utilizando el método de las unidades de Hunter; la demanda puede disgregarse utilizando el método de las unidades de Hunter y su equivalente en litros por segundo, para cada aparato utilizado en las viviendas, le corresponde una unidad de Hunter así:

Unidades de Hunter para diferentes aparatos

Aparatos	Unidades de suministro					
	Público			Privado		
	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	Total
Ducha o tina	2.00	2.00	3.00	1.50	1.50	2.00
Bidé o lavamanos				0.75	0.75	1.00
Lavaplatos				1.50	1.50	2.00
Lavaplate eléctrico				2.00	2.00	3.00
Lavadora	3.00	3.00	5.00	2.00		3.00
Inodoro con Fluxometro	10.00		10.00	6.00		6.00
Inodoro de tanque	5.00		5.00	3.00		3.00
Orinal de fluxometro	10.00		10.00			
Orinal de tanque	3.00		3.00			
Lavamanos de llave	2.00		2.00			
Fregadero uso oficial	4.00		4.00	1.0		1.0

Tabla Unidades de suministro. Agua, desagües y gas para edificaciones de Rafael Pérez Carmona

3.2 DISEÑO HIDRÁULICO

El diseño hidráulico de redes de abastecimiento se basa en la aplicación de la ley de conservación de la energía; las pérdidas en el sistema son iguales a la suma de las pérdidas por fricción más las pérdidas locales o de accesorios. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario, fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica (energía potencial), la

⁽¹⁾ El desarrollo metodológico fue suministrado por el Ingeniero Rafael Ortiz Pérez, Director del proyecto de grado.

altura debida a la presión (energía de presión) y la altura debida a la velocidad (energía cinética), que incluyendo la pérdidas por fricción h_f se expresa como:

$$Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g = Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2g + h_f$$

Donde:

H = Energía total en un punto

Z = Energía Potencial

P = Energía de presión

γ = Peso Especifico del agua = 1000 kg/m³

$V^2/2g$ = Energía Cinética

g = Aceleración de la gravedad = 10 m/seg²

Las pérdidas por fricción, en un tramo recto de longitud L se calcularon utilizando la ecuación de Darcy y Weisbach con factor de rugosidad k de 0.0015, típico de PVC.

$$h_f = (fL/D) * V^2/2g$$

Donde f es el factor de fricción que se obtiene del diagrama de Moody, en función del número de Reynolds y de la rugosidad k del material del tubo.

3.3. PÉRDIDAS MENORES

Las perdidas menores por accesorios se calcularon por el método de las longitudes equivalentes; consiste en sumar a la longitud del tubo, para el cálculo, longitudes que correspondan a la misma pérdida de carga que causarían los accesorios existentes en la tubería. A cada accesorio le corresponde una longitud adicional. Teniendo en consideración todos los accesorios y demás causas de pérdidas, se llega a una longitud total.

Los sistemas de bombeo se dimensionan en base a la ecuación de la energía:

$$H_d = \Delta Z_{\text{succión}} + \text{Pérdidas}_{\text{succión}} + \Delta Z_{\text{impulsión}} + \text{Pérdidas}_{\text{impulsión}} + V^2/2g$$

Donde $\Delta Z_{\text{succión}}$ es la suma de altura de succión y las pérdidas por accesorios y $\Delta Z_{\text{impulsión}}$ es la suma de delta de nivel y las pérdidas por accesorios. El diámetro óptimo para un sistema de bombeo esta definido por la relación de Bresse:

$$D \text{ (m)} = 1.3 * X^{0.25} * (Q \text{ (m}^3/\text{s)})^{0.5}$$

Donde:

X = es el tiempo de bombeo en días

Q = caudal (m³/s)

Para estimar la potencia de la bomba se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$H_p = Q \text{ (lps)} * H_d \text{ (metros)} / 75n \text{ (\%)}$$

Donde:

HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.

Q = Capacidad de la bomba.

Hd = Carga total de la bomba.

n = Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

3.4 ESQUEMAS DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS

El diseño de las instalaciones hidráulicas utilizando los sistemas de calentamiento de agua se ilustran en las siguientes graficas:

Figura 1. Distribución de agua sistema individual

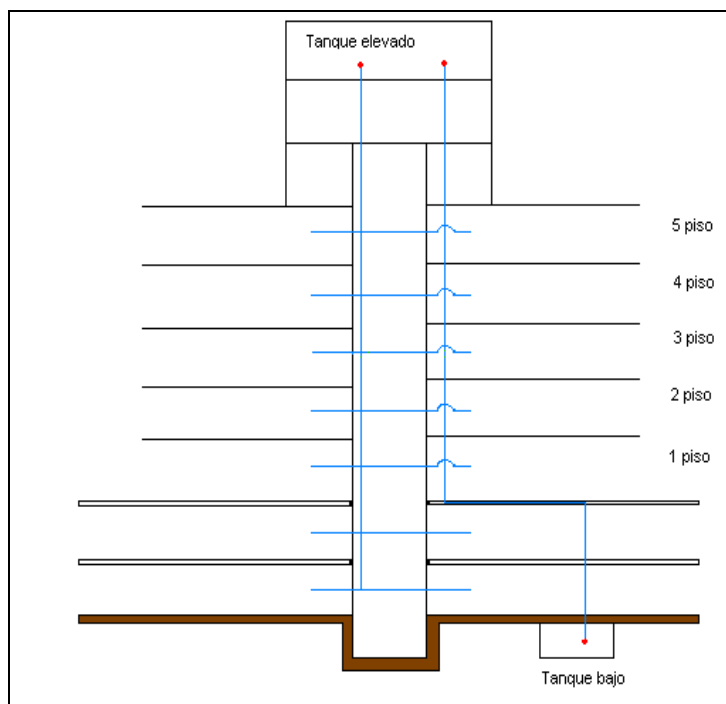
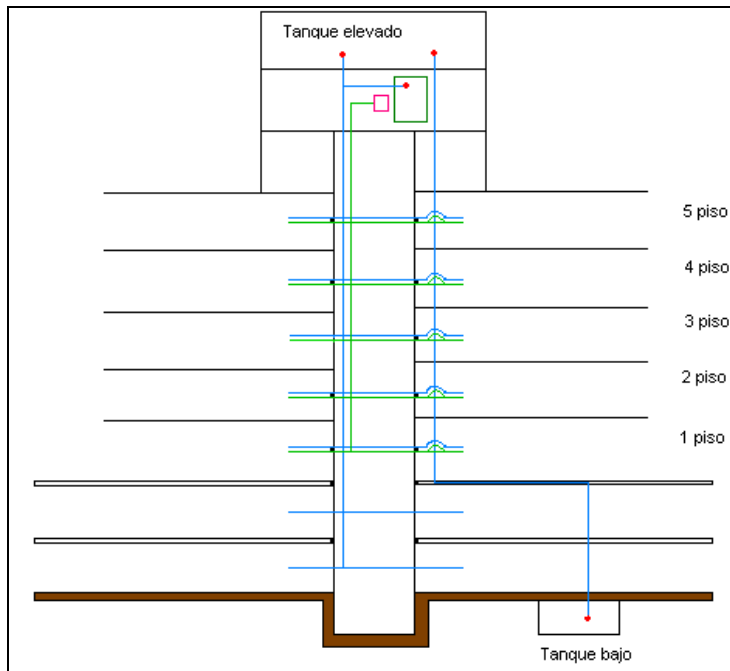


Figura 2. Distribución de agua sistema central



Las pérdidas en los medidores se calculan utilizando la ecuación presentada en el libro *Agua, desagües y gas para edificaciones* de Rafael Pérez Carmona, cuya forma general es:

$$H_m = 10 * (Q_d / Q_n) / 2$$

Donde:

Q_d = caudal de diseño (m^3/s)

Q_n = caudal nominal (m^3/s)

3.5 SUMINISTRO DE GAS

El sistema de suministro de gas se calcula con la ecuación de Renouard lineal; para instalaciones internas individuales domesticas, cuando se emplea la expresión de Renouard lineal, es preciso calcular el caudal simultáneo instantáneo; si el número de gasodomesticos es superior a dos.

La expresión del caudal simultaneo esta dado por:

$$Q = q_1 + q_2 + (q_3 + q_n)/2$$

Donde:

q_1 = caudal de mayor consumo

q_2 = segundo caudal de mayor consumo

q_3 y q_n = caudales restantes

Para calcular la pérdida de carga, la expresión de Renouard lineal es:

$$H = 23200 * dr * Le * Q^{1.82} / \phi^{4.82}$$

Donde:

Dr = que es la densidad relativa del gas natural, igual a 0.67.

Le = longitud tubería

Q = caudal (m³/h)

ϕ = diámetro tubería (pulg)

Para esta expresión, se regula en 23mbar la presión antes del medidor, considerándose una pérdida de 2.2mbar en la medición. En estas condiciones, la presión de servicio que resulta es de 23mbar – 2.2mbar = 20.8mbar.

Con esta presión de servicio se establece una pérdida máxima de 3.3mbar, obteniendo una presión final para el funcionamiento de los gasodomesticos de 20.8mbar – 3.3mbar = 17.5mbar.

Finalmente hay que chequear la velocidad del gas en las instalaciones internas, la misma no puede ser superior a 20m/s. La velocidad esta dada por la expresión:

$$V = 354 * Q / P * \phi$$

Donde:

Q = caudal (m³/h)

P = presión

ϕ = diámetro (metros)

3.6 NORMATIVIDAD

La norma que regula el diseño hidráulico es la NTC 1500 (código Colombiano de fontanería).

Algunos parámetros importantes definidos en la norma son los siguientes:

- Presiones máximas: la presión de agua en la red de distribución no debe exceder los 550Kpa (80psi). Donde se superen estos valores se deben instalar dispositivos reductores de presión.
- Velocidad máxima: la velocidad máxima de diseño debe ser de 2m/s para tubería de diámetro inferior a 76.2mm.
- Tanques de reserva de agua potable: la acometida del tanque se debe calcular para un tiempo no mayor a 12horas.

4. METODOLOGÍA PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS EN EDIFICACIONES

Para la realización del diseño, fueron definidos tres pasos que abarcan en su totalidad lo constituido en el trabajo de grado.

Paso 1: elaboración del diseño hidráulico y de gas para calentamiento individual.

Paso 2: elaboración del diseño hidráulico y de gas para calentamiento de agua central.

Paso 3: elaboración y comparación de presupuesto para ambos sistemas de calentamiento de agua.

El diseño para el sistema de suministro de agua de calentamiento individual y central se desarrolla bajo el siguiente procedimiento:

1. Definición del esquema de abastecimiento.
2. Estimación de la demanda.
3. Diseño de almacenamiento y acometida.
4. Diseño red de distribución exterior.
5. Chequeo (diseño) de apartamentos críticos.
6. Diseño sistemas de bombeo.

El diseño de redes de gas para sistema de abastecimiento de agua caliente individual y central se desarrolla bajo el siguiente procedimiento:

1. Esquema de abastecimiento y estimación de la demanda.
2. Cuesteo de presiones en apartamentos.

El presupuesto para los dos sistemas de calentamiento de agua se desarrolla bajo el siguiente procedimiento:

1. Elaboración del presupuesto (el precio de los materiales incluye instalación e IVA.)

5. PROCESO PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN INDIVIDUAL ⁽¹⁾

Durante el desarrollo de esta tesis de grado se presentaran los diseños hidráulicos y de gas de una edificación, esta será diseñada por dos sistemas de calefacción; el primero con un sistema de calentamiento de agua central y el segundo con un sistema de calentamiento de agua individual. Con el fin de analizar y comparar costos entre los dos sistemas antes mencionados.

Para llevar a cabo el proceso se tuvo en cuenta la aplicación de las normas técnicas colombianas vigentes NTC 1500.

A continuación se presenta el diseño de redes hidráulicas de un edificio de 12 pisos que opera con un sistema de calentamiento de agua individual.

5.1 DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO

La edificación se encuentra clasificada en el estrato socio-económico 4 (medio), consta de una torre con un total de 48 apartamentos, para lo cual se estimó una población de cinco personas por apartamento es decir 240 personas.

La torre tiene 2 niveles de sótanos destinados como parqueaderos; desde el primer piso hasta el doceavo piso, hay 4 apartamentos y el doceavo piso son apartamentos duplex (Pent-House).

El esquema de abastecimiento de agua a la edificación es un sistema mixto; la torre será abastecida por gravedad desde un tanque elevado el cual dará suministro a los apartamentos comprendidos entre el segundo nivel del sótano y el piso 9; los pisos comprendidos entre el piso 10 y el 12 (Pent-House), serán abastecidos por un sistema hidroneumático alimentado por el tanque elevado.

El edificio tendrá una acometida única al tanque inferior, desde el cual se elevará por bombeo el agua hasta el tanque superior. En el tanque inferior se almacenará una fracción de la demanda doméstica y la totalidad de la demanda del sistema contra incendios.

El edificio contará con un sistema de calentamiento de agua individual. Según la normatividad se deben evitar velocidades superiores a 2 metros por segundo y presiones mayores a 80 psi (56 metros cabeza de agua).

⁽¹⁾ El desarrollo metodológico fue suministrado por el Ingeniero Rafael Ortiz Pérez, Director del proyecto de grado.

El diseño a presentar contiene el dimensionamiento de las redes hidráulicas, los tanques y los equipos de bombeo necesarios para su funcionamiento. El análisis hidráulico incluye el chequeo de los aparatos (duchas) críticos en los apartamentos de los pisos 12 y 9, en los cuales las condiciones de abastecimiento y de presión ameritan realizar la verificación del cumplimiento de las normas y las condiciones del diseño.

5.2 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

El consumo depende del buen servicio que preste la empresa o entidad correspondiente, del grado social y nivel de vida de las personas de determinado lugar. Sin embargo cuando se diseñan redes de acueducto se asume para dichos cálculos consumos que van desde 150 a 400 litros por día por habitante.

Para estimar la demanda asociada al consumo doméstico se utilizó una dotación de 250 litros por día por habitante, acorde con el estrato socio-económico en el cual se encuentra el edificio. En la tabla 1 se presenta el cálculo de la demanda.

Tabla 1. Cálculo de la demanda para consumo doméstico

Piso	Cantidad (aptos)	Densidad (hab/aptos)	Población (habs)	Demanda (m³/día)
1	4	5	20	5
2	4	5	20	5
3	4	5	20	5
4	4	5	20	5
5	4	5	20	5
6	4	5	20	5
7	4	5	20	5
8	4	5	20	5
9	4	5	20	5
10	4	5	20	5
11	4	5	20	5
12	4	5	20	5
Total			240	60

La demanda puede disgregarse utilizando el método de las unidades de Hunter y su equivalente en litros por segundo acorde con las normas ICONTEC. Para cada aparato utilizado en las viviendas: lavadora, nevera, ducha, sanitario, lavamanos, ropas y lavaplatos les corresponde una unidad de Hunter como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Unidades de gasto

Aparato	Unidades	Fría	Caliente
Sanitario	3	3	***
Ducha	2	1,5	1,5
Lavamanos	1	0,75	0,75
Nevera	1	1	***
Lavadora	2	1,5	1,5
Lavadero	3	3	***
Lavaplatos	2	1,5	1,5
Fluxometro	10	10	***
Ducha publica	4	4	***
Lavadero. publico	4	4	***
Lavaplatos. Publico	2	2	***

Los apartamentos comprendidos entre los pisos 1 y 11 son idénticos, el apartamento tipo contiene en su interior: 2 baños (ducha, sanitario y lavamanos); (1 principal y 1 auxiliar), cocina (nevera y lavaplatos) y el área de ropas (lavadora y lavadero), el Pent-House contiene en su interior: 3 baños (ducha, sanitario, lavadero); (1 principal y 2 auxiliares), cocina (nevera y lavaplatos), y el área de ropas (lavadora y lavadero) y los sótanos que se les designo 2 unidades de agua fría. En la tabla 3 se muestra el cálculo de la demanda en unidades de gasto para cada apartamento tipo, Pent- House y sótanos del edificio.

Tabla 3. Demanda en unidades de gasto en el edificio.

Apartamentos		Fría	Caliente	Sub total	Total
Sótanos	Sotano1	2	0	2	4
	Sotano2	2	0	2	
Piso tipo	Baño principal	5,25	2,25	7,5	25
	Baño social	5,25	2,25	7,5	
	Cocina	2,5	1,5	4	
	Ropas	4,5	1,5	6	
Pent-House	Baño principal	5,25	2,25	7,5	32,5
	Baño social	5,25	2,25	7,5	
	Baño social	5,25	2,25	7,5	
	Cocina	2,5	1,5	4	
	Ropas	4,5	1,5	6	

En la tabla 4 Se presenta el consolidado de la demanda en el edificio expresado en unidades de gasto o de Hunter.

Tabla 4. Consolidado de la demanda en UG para todo el edificio

Pisos	Cantidad	UG/apto	Parciales		Sub totales		total
			Fría	Caliente	Fría	Caliente	
Sotano1	1	2	2	0	2	0	2
Sotano2	1	2	2	0	2	0	2
Piso tipo	44	25	17,5	7,5	770	330	1100
Pent-House	4	32,5	22,8	9,75	91	39	130
Totales					865	369	1234
Hidroneumático					231	369	600
Total bajante agua fría					634		634
Total línea agua caliente					369		369
Total agua fría por hidroneumático					231		231

En la tabla 5 se presenta el caudal equivalente para los diferentes sistemas que componen el sistema de abastecimiento del edificio; el caudal fue estimado utilizando el método de unidades de gasto (UG) mediante la siguiente ecuación

$$Q \text{ (lps)} = 0.0809 * UG^{0.6838}$$

Tabla 5. Total de la demanda en el condominio

Ítem	Unidades Hunter	Q(lt/s)
Total unidades de gasto en el edificio	1236	10,5
Total por bajante de agua fría	634	6,7
Total a sistema hidroneumático	600	6,4
Total por línea de agua caliente	369	4,6
Total agua fría por hidroneumático	231	3,3

5.3 DISEÑO DE ALMACENAMIENTO Y ACOMETIDA

Para estimar las necesidades de almacenamiento en la edificación se utiliza la demanda de un día para consumo doméstico, sumada al almacenamiento requerido por el sistema contra incendio, es decir un habitante por día consume aproximadamente 250 l/hab/día de agua y El almacenamiento del sistema contra incendio es el necesario para garantizar un caudal de 16 lps durante treinta (30) minutos, es decir 30 metros cúbicos. Siendo la población del edificio de 240 personas el total del consumo es de 60000lt/hab/día. Las necesidades de almacenamiento son entonces:

Demanda	Volumen (m³)
Domestica	60
Incendio	30
Total Tanque	90

5.3.1 Distribución del almacenamiento Teniendo en cuenta que el edificio contará con tanque bajo y tanque alto, se propone distribuir el almacenamiento total de la siguiente forma:

Tanque	Demanda	Volumen (m³)
Tanque bajo 66 m3	60% domestica	36
	contra incendio	30
Tanque alto 36 m3	40% domestica	24

5.3.2 Diseño de acometida De acuerdo con el apartado 6.6.4 de la norma NTC 1500, la acometida del tanque bajo se debe calcular para un tiempo de llenado inferior a 12 horas. Para el diseño de la acometida se toma (asume) un tiempo de suministro de la demanda doméstica de diez (10) horas. El caudal de diseño se calcula entonces como,

$$Q \text{ (lps)} = (60 * 1000) / (10 * 3600) = 1.66 \text{ lps (6 m3/hora)}$$

Para estimar el diámetro del medidor, utilizamos la tabla de especificaciones de los medidores Tavira presentada en el ANEXO C; para un tiempo de servicio de diez horas diarias un medidor de 1.5" permite un caudal de 6 m3/hora, que resulta apropiado para el servicio solicitado. Para la selección del diámetro de la acometida se propone inicialmente un diámetro de 1.25" basado en la información presentada en la tabla 6:

Tabla 6. Diámetro optimo de la acometida

Volumen diario	60	M3
Tiempo de llenado	10	horas
Caudal	1.66	lps
Diámetro optimo	1.1	pulgadas
Diámetro nominal	1.25	pulgadas
Diámetro interno	38.14	mm

Las pérdidas en el medidor de 1,5" se calculan utilizando la ecuación presentada en el libro *Agua, desagües y gas para edificaciones* de Rafael Pérez Carmona, cuya forma general es la siguiente:

$$\text{Pérdida en medidor } H_m = 10 * (Q_d/Q_n)^2$$

Donde

Qd = Caudal de diseño (m³/s).

Qn = Caudal nominal (m³/s).

Para un caudal de 1.66 lps (6 m³/hora) y un caudal nominal de 20 m³/hora mostrado en las tablas de Tavira (ver ANEXO C), las pérdidas en el medidor son de 0.9 metros, valor que se incluye en el cuadro de cálculo mostrado en la tabla 7. Como se muestra en la tabla mencionada, para una presión de 20 psi (14 mca) en la conexión a la red pública, con C de Hazen&Williams de 140, la pérdida unitaria es de 0.066 metros por metro; en esta situación el valor de la presión en la entrada al tanque bajo es de 13.96 metros.

Tabla 7. Chequeo de la acometida con diámetro de 1,25"

Tramo		Q	Ø	Ø	V	J	L	Lacc	L Total	J x L	H ant	Hfinal	Cota	Presión
De	A	Lps	in	mm	m/s	m/m	m	m	M	m	m	m	m	m.c.a
Red	Medidor	1,66	1.25	38,14	1,51	0,066	4	2,5	6,5	0,43	14	13,57	0	13,57
	Medidor		1.5							0,9	13,57	12,67	0	12,67
Medidor	Tanque bajo	1,66	1.25	38,14	1,51	0,066	45	20	65	4,31	12,67	8,36	-5,6	13,96

5.4 DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN EXTERIOR

Para elevar el agua desde el tanque bajo hasta el tanque alto se utilizará un sistema de bombeo cuyo arranque y cuya parada estarán ligados a los niveles de los dos tanques. El caudal de diseño es el necesario para llevar al tanque alto, en un tiempo entre 4 y 6 horas, el volumen que se consume en un día. Para el diseño se asume un tiempo de 5 horas.

El cálculo del caudal está dado por la suposición de que las bombas deben suplir la deficiencia de agua entre el consumo total durante el periodo de demanda máxima (45 minutos) y el volumen almacenado en el tanque. Bajo esta condición el caudal se determina mediante la expresión,

$$Q = \frac{qt - 0.75V}{t}$$

Donde:

Q es el caudal de la bomba en lps

q es caudal durante el periodo de máxima demanda

0.75V es el volumen mínimo esperado del tanque

t es la duración del período de máxima demanda (45 minutos)

El valor de la demanda máxima agregada servida por el tanque corresponde a un caudal de 13.1 lps, calculado como la suma del caudal por la bajante de agua fría

(6.7 lps) mas el caudal que abastece al sistema hidroneumático (6.4 lps) lps (ver tabla 5). El volumen mínimo que puede existir en el tanque elevado es el 75% de 36 metros cúbicos, es decir 27 metros cúbicos.

Al reemplazar estos valores en la ecuación mostrada se obtiene un caudal de 3.1 lps, este valor será utilizado para el diseño de la línea de impulsión y de bombeo.

5.4.1 Diámetro óptimo El diámetro óptimo para un sistema de bombeo está definido por la relación de Bresse:

$$D (m) = 1.3 * X^{0.25} * (Q (m^3/s))^{0.5}$$

Donde X es el tiempo de bombeo en días, es decir 5/24, o 0.167 días. El diámetro óptimo calculado mediante esta relación es de 0.046 metros o sea, de 2 pulgadas.

Las pérdidas en el sistema son iguales a la suma de las pérdidas por fricción más las pérdidas locales o de accesorios. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario, fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica (Energía Potencial), la altura debida a la presión (Energía de Presión) y la altura debida a la velocidad (Energía Cinética), que incluyendo las pérdidas por fricción h_f se expresa como,

$$Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g = Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2g + h_f$$

Donde:

H = Energía total en un punto

Z = Energía Potencial

P = Energía de presión

γ = Peso Especifico del agua = 1000 kg/m³

$V^2/2g$ = Energía Cinética

g = Aceleración de la gravedad = 10 m/seg²

Las pérdidas por fricción, en un tramo recto de longitud L se calcularon utilizando la ecuación de Darcy Weisbach con factor de rugosidad k de 0.0015, típico de PVC. La ecuación tiene la forma siguiente:

$$H_f = (fL/D) * V^2/2g$$

Donde f es el factor de fricción que se obtiene del diagrama de Moody, en función del número de Reynolds y de la rugosidad k del material del tubo.

La expresión para la altura dinámica de bombeo H_d es la siguiente:

$$H_d = \Delta Z_{\text{succión}} + \text{Pérdidas}_{\text{succión}} + \Delta Z_{\text{impulsión}} + \text{Pérdidas}_{\text{impulsión}} + V^2/2g$$

Para estimar las pérdidas por accesorios se utilizan las siguientes longitudes equivalentes:

Longitudes equivalentes

Succión	
Accesorios	Le
(1) Válvula de pie 3"	14,69
(1) Codo 90° 3"	1,84
(1) Válvula compuerta abierta 3"	0,41
(1) Tee paso directo 3"	1,23
(1) Reducción excéntrica	0,35
Total longitud por accesorios	18,52
Impulsión	
Accesorios	Le
(1) Expansión excéntrica	0,47
(1) Válvula Com. abierta 2"	0,28
(1) Tee paso directo 2"	0,83
(1) Cheque 2"	3,16
(2) x Codo 90° x 2"	2,54
Total longitud por accesorios	7,28

Para estimar la altura dinámica total Hd, se utiliza la ecuación mostrada anteriormente, con la siguiente información:

Tabla 8. Datos para la estimación de Hd

Succión		
Diámetro	3	Pulgadas
diámetro interno	80,42	mm
Velocidad	0,61	m/s
Rugosidad	0,15	mm
f	0,025	
Longitud tubería	2,3	m
Longitud equivalente accesorios	18,52	m
Pérdida x fricción	0,013	m
Perdida por accesorios	0,107	m
Delta Nivel	2,3	m
Impulsión		
Diámetro	2	Pulgadas
diámetro interno	54,58	mm
Velocidad	1,325	m/s
Rugosidad	0,0015	mm

f	0,018	
Longitud tubería	43,25	m
Pérdida x fricción	1,252	m
Longitud por accesorios	7,28	m
Perdida por accesorios	0,211	m
Nivel agua Tanque Alto	39,95	m
Nivel piso bombeo	-5,6	m
Delta de Nivel	45,55	m

Reemplazando los valores de la Tabla 8 en la ecuación, para el cálculo de la altura dinámica de bombeo se obtiene

$$H_d = \Delta Z_{\text{succión}} + \text{Pérdidas}_{\text{succión}} + \Delta Z_{\text{impulsión}} + \text{Pérdidas}_{\text{impulsión}} + V^2/2g$$

$$H_d = 2.3 + 0.107 + 0.013 + 45.55 + 0.211 + 1.252 + 0.09 = 49.52\text{m}$$

Si asumimos que la presión residual en la entrada al tanque es de cinco (5) metros, la altura dinámica total será del orden de 55 metros.

5.4.2 Capacidad conjunto motor-bomba Para estimar la potencia de la bomba puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$HP = Q \text{ (lps)} * H_d \text{ (metros)} / (75\eta \text{ (\%)})$$

Donde:

HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.

Q = Capacidad de la bomba.

Hd = Carga total de la bomba.

n = Eficiencia de la bomba, que a los efectos del cálculo teórico se estima en 60%.

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, una potencia normal según la siguiente fórmula:

$$HP \text{ (motor)} = 1,3 * HP \text{ (bomba)} \text{ para motores trifásicos}$$

Reemplazando valores de caudal y altura dinámica se tiene:

$$HP = Q \text{ (lps)} * H_d \text{ (metros)} / (75\eta \text{ (\%)})$$

$$HP = 3.1 \text{ (lps)} * 55 \text{ (metros)} / (75 * 0.6)$$

$$\text{Potencia de la bomba en hp} = 4 \text{ hp}$$

$$\text{Potencia del motor} = 1.3 * 4 = 5 \text{ hp}$$

Por tratarse de bombas trabajando en succión negativa es necesario realizar el chequeo del NPSH disponible. El valor de NPSH puede calcularse mediante la expresión:

$$\text{NPSH} = \text{Patm} - \text{PV} - \text{Hs}$$

Donde:

Patm= Es la presión atmosférica en Bucaramanga 880 mbares o 9 mca)

PV= Es la presión de vapor de agua a la temperatura ambiente (0.3336 psi)

Hs= Es la altura dinámica de succión (2.3 m en tabla 9)

Reemplazando valores se encuentra que la NPSH disponible del sistema es de:

$$\text{NPSH}_{\text{disponible}} = 9 - 0.23 - 2.3 = 6.47 \text{ metros (9.7 psi).}$$

El $\text{NPSH}_{\text{disponible}}$ debe ser siempre mayor que el $\text{NPSH}_{\text{requerido}}$ por la bomba y calculado por el productor de la misma.

En la tabla 9 se resumen las características del sistema de bombeo

Tabla 9. Características del sistema tanque bajo tanque alto

Caudal	3.1 lps (11.16 m3/hora)
Altura dinámica	55 metros (114 psi)
Potencia teórica de la bomba	4 HP
Potencia del motor	5 HP
Energía	Trifásica
Tipo de bomba	Centrifuga
Número de bombas	Dos (2) (funcionamiento alterno)
Alternativa comercial 1	Hidromac Línea AZ 40 -200 ^a 1 1/2 x 2 x 9 ^a
NPSH disponible	6.47 metros
NPSH requerida	< 3 metros

5.4.3 Red de agua fría servida por el tanque elevado la red de agua fría que se abastece del tanque elevado presta servicio a los apartamentos de los pisos 12 al sótano 2. La tubería que abastece el sistema hidroneumático es independiente de la bajante de agua fría por gravedad. Los pisos 12,11 y 10 son alimentados por el sistema hidroneumático y los pisos 9 al sótano 2 son alimentados por gravedad.

El piso 9 es el piso crítico para análisis de presiones en el abastecimiento por gravedad desde el tanque elevado, siendo el apartamento 901 el más crítico debido a que el trazado de la tubería es de mayor longitud en comparación con los otros apartamentos.

El caudal de diseño varía en función del número de apartamentos servido por el tramo de tubería correspondiente. El caudal fue estimado utilizando el método de unidades de gasto (UG) mediante la ecuación

$$Q \text{ (lps)} = 0.0809 * UG^{0.6838}$$

En la tabla 11 se muestran los caudales de diseño de esta tubería. Como se anotó anteriormente, los caudales corresponden a la demanda de agua fría mas la demanda de agua caliente en el edificio.

5.4.4 Presiones en bajante de distribución las pérdidas en la tubería de distribución (bajante) proveniente del tanque de almacenamiento se calcularon mediante la ecuación de Hazen y Williams con coeficiente de fricción de 140 para PVC. En la tabla 10 se presenta el dimensionamiento y el chequeo de presiones en el bajante de distribución de agua fría mas agua caliente, que inicia con un diámetro de tubería de 3" para un caudal de 8.5 lps, y termina en tubería de ¾" desde el nivel de acceso hasta el sótano 2.

La información presentada muestra que con el dimensionamiento propuesto se logra garantizar velocidades inferiores a 2 m/s y presiones máximas de 50 m en todo el recorrido de la bajante.

Tabla 10. Dimensionamiento y chequeo de bajante de agua fría mas agua Caliente

ANALISIS BAJANTES CON UNIDADES DE HUNTER															
ANALISIS PARA BAJANTE DE AGUA FRIA + CALIENTE															
PISO	UH/ piso	Σ UH	Q	Ø	Ø	V	J	L Real	L Acces	L Total	J x L	H anterior	H final	Cota Piso	Presión
	#	#	Lps	in	mm	m/s	m/m	m	m	M	m	m	m	m	m.c.a
tanque												38,65		38,15	
12	0	904	8,50	3	80,42	1,67	0,036	7,35	1,23	8,58	0,3087	38,65	38,34	33,6	4,74
11	0	904	8,50	3	80,42	1,67	0,036	2,8	1,23	4,03	0,1450	38,34	38,20	28	10,20
10	0	904	8,50	3	80,42	1,67	0,036	2,8	1,23	4,03	0,1450	38,20	38,05	25,2	12,85
9	100	904	8,50	3	80,42	1,67	0,036	2,8	1,23	4,03	0,1450	38,05	37,91	22,4	15,51
8	100	804	7,84	3	80,42	1,54	0,031	2,8	1,23	4,03	0,1250	37,91	37,78	19,6	18,18
7	100	704	7,16	3	80,42	1,41	0,026	2,8	1,23	4,03	0,1057	37,78	37,68	16,8	20,88
6	100	604	6,45	3	80,42	1,27	0,022	2,8	1,23	4,03	0,0871	37,68	37,59	14	23,59
5	100	504	5,70	2,5	66,07	1,66	0,045	2,8	1,03	3,83	0,1714	37,59	37,42	11,2	26,22
4	100	404	4,90	2,5	66,07	1,43	0,034	2,8	1,03	3,83	0,1296	37,42	37,29	8,4	28,89
3	100	304	4,03	2	54,58	1,72	0,060	2,8	0,83	3,63	0,2173	37,29	37,07	5,6	31,47
2	100	204	3,07	2	54,58	1,31	0,036	2,8	0,83	3,63	0,1312	37,07	36,94	2,8	34,14
1	100	104	1,94	1,25	38,14	1,70	0,088	2,8	0,53	3,33	0,2940	36,94	36,65	0	36,65
S1	2	4	0,21	0,75	23,63	0,48	0,015	2,8	0,33	3,13	0,0461	36,65	36,60	-2,8	39,40
S2	2	2	0,13	0,75	23,63	0,30	0,006	2,8	0,33	3,13	0,0192	36,60	36,58	-5,6	42,18

5.5 CHEQUEO (DISEÑO) DE APARTAMENTOS CRÍTICOS

5.5.1 Piso 9 – Apartamento 901 En la tabla 11 se muestra el cálculo de las presiones en el apartamento (901) crítico del piso 9, que incluye la pérdida en el medidor y muestra una presión final en el aparato crítico igual a 7.53 metros.

Las pérdidas en los medidores de $\frac{3}{4}$ " se calcularon utilizando la ecuación presentada en el libro *Agua, desagües y gas para edificaciones* de Rafael Pérez Carmona, cuya forma general es la siguiente

$$\text{Pérdida en medidor } H_m = 10 * (Q_d/Q_n)^2$$

El caudal nominal para un medidor de $\frac{3}{4}$ " es de 5 m³/hora; Q_d es el caudal calculado por el método de unidades de gasto para cada apartamento, es decir 0.73 lps (2.63 m³/hora); para este caudal las pérdidas de energía en el medidor son de 2.77 m.

Tabla 11. Chequeo de presiones en apartamento crítico del piso 9 – 901

TRAMO		∑ UH	Q	Ø	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m.c.a
tanque	12	904	8,50	3	1,67	0,0360	7,35	1,23	8,58	0,3087	38,65	38,34	33,6	4,74
12	11	904	8,50	3	1,67	0,0360	2,8	1,23	4,03	0,1450	38,34	38,20	28	10,20
11	10	904	8,50	3	1,67	0,0360	2,8	1,23	4,03	0,1450	38,20	38,05	25,2	12,85
10	tee bajante PISO 9	904	8,50	3	1,67	0,0360	2,8	1,23	4,03	0,1450	38,05	37,91	22,4	15,51
tee bajante	9-tee9	100	1,89	2	0,81	0,0147	0,50	2,31	2,81	0,0412	37,91	37,87	22,4	15,47
9-tee9	10-tee 901-03	75	1,55	2	0,66	0,0102	1,85	0,38	2,23	0,0227	37,87	37,84	22,4	15,44
10-tee 901-03	10A-tee 903	50	1,17	1,0	1,64	0,1089	6,7	1,28	7,98	0,8693	37,84	36,97	22,4	14,57
10A-tee 903	11-medidor apto901	25	0,73	1,00	1,02	0,0453	0,3	0,38	0,68	0,0308	36,97	36,94	22,4	14,54
11-medidor apto901	11-medidor apto901									2,7694	36,94	34,17	22,4	11,77
11-medidor apto901	12-tee cocina	25	0,73	0,75	1,67	0,1497	3,45	0,49	3,94	0,5898	34,17	33,58	22,4	11,18
12-tee cocina	13-tee lavaplatos	14,5	0,50	0,75	1,15	0,0752	1	1,02	2,02	0,1518	33,58	33,43	22,4	11,03
13-tee lavaplatos	Lavaplatos	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,8	1,12	2,92	0,0943	33,43	33,34	23,3	10,09
13-tee lavaplatos	14-tee nevera	13	0,47	0,50	1,80	0,2347	1,1	0,2	1,3	0,3051	33,34	33,03	22,4	10,63
14-tee nevera	Nevera	1	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,5	1,12	2,62	0,0846	33,03	32,95	22,7	10,25
14-tee nevera	15-tee lavadora	12	0,44	0,50	1,70	0,2121	1,25	0,2	1,45	0,3076	32,95	32,64	22,4	10,24
15- tee lavadora	Calentador	9	0,36	0,50	1,40	0,1474	3	2,04	5,04	0,7429	32,64	31,90	23,9	8,00
15-tee lavadora	16-ropas	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,85	1,12	2,97	0,1091	31,90	31,79	23,4	8,39
12-tee cocina	17-tee baño auxiliar	10,5	0,40	0,50	1,56	0,1791	1,65	0,2	1,85	0,3314	33,58	33,25	22,4	10,85
17-tee baño auxiliar	tee lavamanos auxiliar	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	0,7	0,76	1,46	0,1088	33,25	33,14	22,4	10,74
tee lavamanos auxiliar	Lavamanos	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,55	1,12	2,67	0,0863	33,14	33,06	22,8	10,31
tee lavamanos auxiliar	tee sanitario auxiliar	4,5	0,23	0,50	0,87	0,0613	0,65	0,2	0,85	0,0521	33,06	33,00	22,4	10,60
tee sanitario auxiliar	Sanitario	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,05	1,12	2,17	0,0797	33,00	32,92	22,8	10,17
tee sanitario auxiliar	ducha auxiliar	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	3,6	0,92	4,52	0,1460	32,92	32,78	24,4	8,38
tee baño auxiliar	tee baño principal	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	8,7	0,56	9,26	0,6902	32,78	32,09	22,4	9,69
te baño principal	tee lavamanos Principal	3,75	0,20	0,50	0,77	0,0487	1,5	0,2	1,7	0,0828	32,09	32,01	22,4	9,61
tee lavamanos princi	Lavamanos	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	0,85	0,76	1,61	0,0520	32,01	31,95	23,3	8,70
tee lavamanos princi	Sanitario	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,1	0,56	1,66	0,0610	31,95	31,89	22,8	9,14
tee baño principal	Ducha	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	4,1	0,76	4,86	0,1570	32,09	31,93	24,4	7,53

5.5.2 Sistema de agua caliente El edificio contará con un sistema de calentamiento de agua individual; que es abastecido desde el tanque elevado, cada apartamento tendrá instalado un calentador en el área de ropas que suministrará agua caliente a los aparatos que así lo requieran.

Para estimar el caudal de diseño del sistema de calentamiento de agua individual del edificio, se calculo el número total de unidades de Hunter que se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. Cálculo de unidades de consumo de agua caliente

Apartamentos	Cantidad de apto x piso	UG	UG totales
Apartamento tipo	44	7.5	330
Pent – House	4	9.75	39
Total			369

El suministro de agua fría a los apartamentos abastecidos por gravedad (pisos del 1 al 9), será por medio de la bajante de agua fría, esta se derivará a cada piso con el total de agua fría y de caliente que necesita cada apartamento (17.5 y 7.5) respectivamente, el total de unidades de gasto de agua caliente se queda en el calentador y de allí se distribuye a todo el apartamento. A los apartamentos que son abastecidos por medio del sistema hidroneumático (pisos del 10 al 12) se les suministrará agua fría por medio del mismo y su distribución dentro del apartamento será igual que el antes mencionado por gravedad, la única diferencia son las unidades de gasto que necesita el Pent – House que para agua caliente son de 9.75.

De la misma forma que se chequearon presiones para la red de agua fría, a continuación se presenta el chequeo de aparatos en la red de agua caliente para los pisos 12 y 9.

El apartamento más crítico para la red de agua caliente se encuentra en el piso 12 (apartamento duplex con altillo o segundo piso). En la tabla 13 se presenta el chequeo de presiones del apartamento crítico 1201. En la tabla citada se observa que la presión en la red de agua caliente en la ducha crítica es de 5.19 metros, similar a la obtenida en la red de agua fría (7.88 mca) mostrada en la tabla 16 (Equipo hidroneumático).

Adicionalmente se propone el chequeo del funcionamiento del apartamento 901, pues en este piso el abastecimiento de agua fría proviene por gravedad desde el tanque elevado; en la tabla 14 se presenta el chequeo de presiones en la red de agua caliente en el apartamento crítico del piso 9. La presión del agua caliente en la ducha del baño crítico es de 5.30 metros.

Tabla 13. Chequeo de presiones red de agua caliente apartamento 1201

TRAMO		Σ UH	Q	\emptyset	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	M	m	m	m	m.c.a
Calentador		9,75									43,77	42,67	32,3	10,37
Calentador	tee lavadora	9,75	0,38	1	0,54	0,0138	0,5	0,38	0,88	0,0121	42,67	42,66	30,8	11,86
tee lavadora	tee lavaplatos	8,25	0,34	1	0,48	0,0112	4,9	2,26	7,16	0,0798	42,66	42,58	30,8	11,78
tee lavaplatos	tee segundo piso	6,75	0,30	0,5	2,46	0,6551	1,55	0,56	2,11	1,3822	42,58	41,20	30,8	10,40
tee segundo piso	tee baño auxiliar	4,5	0,23	0,5	0,14	0,3922	3,25	0,2	3,45	1,3532	41,20	39,85	30,8	9,05
tee baño auxiliar	tee baño principal	2,25	0,16	0,5	0,10	0,2066	6,75	0,56	7,31	1,5102	39,85	38,34	30,8	7,54
tee baño principal	tee ducha principal	1,5	0,16	0,5	0,10	0,2066	4,3	1,38	5,68	1,1735	39,85	38,67	32,8	5,87
tee segundo piso	tee baño segundo piso	2,25	0,16	0,75	0,62	0,0325	4,95	2,98	7,93	0,2576	41,20	40,94	33,6	7,34
tee baño segundo piso	ducha	1,5	0,16	0,75	0,62	0,0325	3,9	0,78	4,68	0,1520	40,94	40,79	35,6	5,19

Tabla 14. Chequeo de presiones red de agua caliente apartamento 901

Tramo		Σ UH	Q	\emptyset	V	J	L	L acc	L total	JxL	H ant	Hi	Cota	Presión
De	A	#	lps	in	m/s		m	m	m	m	m	m	m	m
Calentador		7,5									32,64	31,90	23,9	8,00
Calentador	tee Lavadora	7,5	0,32	0,75	1,24	0,1177	1,7	0,49	2,19	0,2577	31,90	31,64	22,4	9,24
tee Lavadora	tee lavaplatos	6	0,28	0,75	1,06	0,0887	3,35	1,51	4,86	0,4312	31,64	31,21	22,4	8,81
tee lavaplatos	tee baño auxiliar	4,5	0,23	0,5	1,87	0,3922	2,5	0,56	3,06	1,2002	31,21	30,01	22,4	7,61
tee baño auxiliar	tee lavamanos auxiliar	3,75	0,20	0,5	1,65	0,3114	0,65	0,76	1,41	0,4391	30,01	29,57	22,4	7,17
tee lavamanos auxiliar	Ducha auxiliar	2,25	0,16	0,75	0,62	0,0325	2,5	0,56	3,06	0,0994	29,57	29,47	24,4	5,07
tee baño auxiliar	tee ducha principal	1,5	0,16	0,75	0,62	0,0325	8,65	0,78	9,43	0,3063	30,01	29,70	24,4	5,30

5.5.3 Apartamento crítico sistema hidroneumático El análisis de las presiones en las redes servidas por el equipo hidroneumático se realiza mediante una hoja de cálculo similar a la utilizada en el capítulo...5.5.1... En este caso, el análisis se inicia en el tanque de presión constante y finaliza, en el aparato crítico del sistema, que es la ducha del apartamento crítico.

Por limitaciones de presión es necesario utilizar medidores de $\frac{3}{4}$ " en los apartamentos del piso 12 servidos con el equipo hidroneumático, pues en ellos las pérdidas son de 3.96 metros, mientras en los de $\frac{1}{2}$ " las pérdidas son del orden de 11 metros. En la tabla 15 se muestra el cálculo de presiones, observándose que en la ducha crítica del piso superior del Pent - House la presión en la red de agua fría es del orden de 7.88 m.c.a.

Tabla 15. Chequeo de presiones de red de agua fría apartamento critico 1201 (hidroneumático)

TRAMO		Σ UH	Q	Ø	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m.c.a
Tanque	tee 12	330	4,27	2,5	1,24	0,0262	4,75	4,11	8,86	0,2321	49,35	49,12	35,4	13,77
tee12	9tee piso 12	130	2,26	2,5	0,66	0,0081	0,50	2,83	3,33	0,0268	49,12	49,09	30,8	18,29
9tee piso 12	10tee 1201-03	97,5	1,85	2,5	0,54	0,0056	1,85	0,9	2,75	0,0154	49,09	49,08	30,8	18,28
10tee 1201-03	10A-tee 902	65	1,40	1,5	0,94	0,0252	6,7	1,79	8,49	0,2136	49,08	48,86	30,8	18,06
10A-tee 902	11-medidor apto 1201	32,5	0,87	1,5	0,58	0,0105	0,3	0,55	0,85	0,0089	48,86	48,85	30,8	18,05
11-medidor apto 1201	11-medidor apto 1201									3,9647	48,85	44,89	30,8	14,09
11-medidor apto 1201	12-tee cocina	32,5	0,87	1,00	1,22	0,0632	3,45	0,36	3,81	0,2407	44,89	44,65	30,8	13,85
12-tee cocina	13-tee lavaplatos	16,75	0,56	0,75	1,27	0,0273	1	1,02	2,02	0,0552	44,65	44,59	30,8	13,79
13-tee lavaplatos	Lavaplatos	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0090	1,8	1,12	2,92	0,0263	44,59	44,57	31,7	12,92
13-tee lavaplatos	14-tee nevera	15,25	0,52	0,75	1,19	0,2872	1,1	0,29	1,39	0,3992	44,57	44,17	30,8	13,37
14-tee nevera	Nevera	1	0,16	0,50	0,62	0,0090	1,5	0,36	1,86	0,0168	44,17	44,15	31,1	13,05
14-tee nevera	15-tee lavadora	14,25	0,50	0,50	1,92	0,2636	1,25	0,2	1,45	0,3822	44,15	43,77	30,8	12,97
15-tee lavadora	Calentador	11,25	0,42	0,50	1,63	0,1955	3	2,6	5,6	1,0947	43,77	42,67	32,3	10,37
15-tee lavadora	16-ropas	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,85	0,56	2,41	0,0885	42,67	42,58	32,3	10,28
12-tee cocina	tee segundo nivel	15,75	0,53	0,75	1,22	0,2992	0,75	0,29	1,04	0,3112	44,65	44,34	30,8	13,54
tee segundo nivel	17-tee baño auxiliar	10,5	0,40	0,50	1,56	0,0500	3,25	0,2	3,45	0,1724	44,34	44,16	30,8	13,36
17-tee baño auxiliar	tee lavamanos auxiliar	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	0,7	0,76	1,46	0,1088	44,16	44,06	30,8	13,26
tee lavamanos auxiliar	Lavamanos auxiliar	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,55	1,12	2,67	0,0863	44,06	43,97	31,7	12,32
tee lavamanos auxiliar	tee sanitario auxiliar	4,5	0,23	0,50	0,87	0,0613	0,65	0,2	0,85	0,0521	43,97	43,92	30,8	13,12
tee sanitario auxiliar	Sanitario	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,05	1,12	2,17	0,0797	43,92	43,84	31,2	12,69
tee sanitario auxiliar	Ducha auxiliar	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	3,6	0,92	4,52	0,1460	43,84	43,69	32,8	10,89
tee baño auxiliar	18-tee baño principal	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	6,75	0,56	7,31	0,5449	43,69	43,15	30,8	12,35
18-tee baño principal	tee lavamanos	3,75	0,20	0,50	0,77	0,0487	1,2	0,2	1,4	0,0682	43,15	43,08	30,8	12,28
tee lavamanos	Lavamanos	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	0,85	0,76	1,61	0,0520	43,08	43,03	31,7	11,38
tee lavamanos	Sanitario	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,15	0,56	1,71	0,0628	43,03	42,96	31,2	11,81
tee baño principal	Ducha	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	4,3	1,48	5,78	0,1867	42,96	42,78	32,8	9,98
tee segundo nivel	tee baño segundo nivel	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	7,7	1,84	9,54	0,7111	44,34	43,63	33,6	10,03
tee baño segundo nivel	Tee sanitario seg. nivel	3,75	0,20	0,50	0,77	0,0487	0,4	0,76	1,16	0,0565	43,63	43,57	33,6	9,97
Tee sanitario seg. nivel	Sanitario	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	0,35	0,76	1,11	0,0408	43,57	43,53	34	9,58

Tee sanitario seg. nivel	Lavamanos	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,8	0,56	2,36	0,0762	43,53	43,45	34,5	9,00
tee baño segundo nivel	Ducha	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	3,9	0,56	4,46	0,1441	43,63	43,48	35,6	7,88

5.5.4 Resumen de presiones En la tabla 16 se presenta un resumen de las presiones encontradas (proyectadas) para los aparatos críticos en los pisos 12 y 9.

Tabla 16. Resumen de presiones

Piso	Presión en mca	
	Agua fría	Agua caliente
12	7.88	5.19
9	7.53	5.30

5.6 DISEÑO SISTEMAS DE BOMBEO

Para evaluar la necesidad de utilizar un sistema hidroneumático, que abastecerá a los pisos superiores se analizo el funcionamiento del piso 13-12 desde el tanque de almacenamiento de la siguiente forma:

Tabla 17. Necesidad de sistema hidroneumático

1	Nivel medio tanque elevado	39.15 m
2	Nivel apartamento 13	33.6 m
3	Pérdidas entre tanque y entrada apartamento	3.96 m
4	Pérdidas en apartamento	5.2 m
5	Cota ducha crítica piso 13	35.6 m
6	Presión residual en ducha crítica	Insuficiente (!!!!) (<mínima)

En el punto 6 de la tabla 17 se observa que el servicio al Pent – House desde el tanque de almacenamiento es imposible por insuficiencia de presión, por esta razón es necesaria la instalación de un sistema hidroneumático para poder abastecer a los pisos 12, 11, 10. Si se quiere tener un servicio similar al proporcionado a los pisos inferiores, se propone instalar un equipo hidroneumático con presiones de arranque y de parada de 20 y 40psi.

El caudal de diseño para este sistema es el comprendido por la suma de las unidades de agua fría (231 unidades de gasto) mas las unidades de agua caliente (99 unidades de gasto), para un total de 330 unidades que equivale a un caudal de 4.27 lps.

5.6.1 Calculo de succión y descarga del hidroneumático La tubería de succión del equipo hidroneumático, situado en la sala de máquinas en la cota 35.35 m, se inicia en el tanque elevado (cota media del agua 39.15 metros); la succión tiene una condición de presión estática positiva de 3.8 metros. En la siguiente tabla se muestra el cálculo de la presión en la entrada a la bomba del sistema hidroneumático en la línea de succión:

Calculo de tubería de succión del equipo hidroneumático

TRAMO		Q	Ø	J	L	Lacc	Ltotal	J*L	Hant	Hfin	Cota	Presión
DE	A	lps	in		m	m	m		m	m	m	m.c.a
Nivel agua tanque											39,15	
Tanque	Bomba	6,4	2,5	0,0554	4,0	1,37	5,37	0,2978	39,2	38,85	35,35	3,50

La altura dinámica total se calcula como la diferencia entre la máxima presión de operación (40 psi- 28 mca) y la presión positiva en la entrada a la bomba por la línea de succión (3.5 mca), así:

$$H_d = \text{Altura dinámica total} = 28 - 3.5 \text{ mca} = 24.5 \text{ mca}$$

Para estimar la potencia de la bomba puede utilizarse la fórmula siguiente:

$$HP = Q \text{ (lps)} * H_d \text{ (metros)} / (75\eta \text{ (\%)})$$

Reemplazando valores se tiene:

$$HP = 6.4 \text{ lps} * 24.5 \text{ (metros)} / (75 * 0.6)$$

$$\text{Potencia de la bomba} = 3 \text{ HP}$$

$$\text{Potencia del motor} = 4 \text{ HP}$$

En el siguiente cuadro se resumen las características del sistema hidroneumático

Resumen de características de sistema hidroneumático

Caudal del sistema	4,27 lps
Rango de presión	20-40 psi
Potencia de la bomba	3 HP
Potencia del motor	4 HP
Energía	Trifásica
Número de bombas	Dos (2) – funcionan alternadas
Tanque de presión	500 litros
Equipo recomendado	Pré-fabricado IHM 20A – 5TW – L500H

6. PROCESO PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DE SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CENTRAL⁽¹⁾

A continuación se presentará el diseño hidráulico, teniendo en cuenta que el edificio será abastecido por un sistema de calentamiento de agua central.

Los datos de demanda y de unidades de gasto son los utilizados en el sistema de calefacción individual, lo único que varía en el diseño es la forma de distribución de agua caliente, que utiliza un calentador que alimentará a todo el edificio.

6.1 DEFINICIÓN DEL ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO

El esquema de abastecimiento de agua propuesto tendrá dos tanques de almacenamiento los cuales estarán ubicados, uno en el sótano y el otro elevado, a partir de los cuales se distribuye el agua mediante sistemas de bombeo asistidos con tanques hidroneumáticos a cada uno de los apartamentos de la torre.

El edificio tendrá una acometida única, con un medidor de 1,5". Los tanques tendrán capacidad para almacenar el total de la demanda doméstica y la totalidad de la demanda del sistema contra incendios de la torre.

El edificio contará con sistema de calentamiento de agua central y un sistema de distribución de agua caliente; el sistema se instalará en el cuarto de maquinas situado sobre el piso 12. El calentador se alimentará mediante el equipo hidroneumático que sirve a la red de agua fría del edificio. La red de distribución de agua caliente cuenta con un sistema de recirculación para mantener la temperatura en 50°C, y evitar así el desperdicio de agua por altos tiempos de espera.

Una de las premisas básicas del diseño hidráulico con calefacción central es lograr un ajustado balance de presiones entre las redes de agua fría y de agua caliente en todos los apartamentos, y en todos los servicios de los apartamentos; para ello es necesario realizar verificaciones de presiones en apartamentos y aparatos críticos, y controlar las presiones en las dos redes de manera que no se excedan los valores permisibles, manteniendo similitud en las presiones de agua fría y caliente.

Desde el punto de vista de normatividad el diseño responde al requisito de evitar velocidades superiores a 2 metros por segundo y presiones superiores a 80 psi que equivalen a (56mca).

⁽¹⁾ El desarrollo metodológico fue suministrado por el Ingeniero Rafael Ortiz Pérez, Director del proyecto de grado.

La red de agua fría que se abastece del tanque elevado presta servicio a los apartamentos de los pisos 9 al sótano 2. La tubería es independiente de aquella que abastece el sistema hidroneumático que alimenta la red de agua fría de los apartamentos de los pisos 12, 11 y 10.

El piso 9 es el piso crítico para análisis de presiones en el abastecimiento por gravedad desde el tanque elevado. El apartamento 901, es el apartamento crítico que será utilizado para el chequeo del piso 9. El análisis de caudales y trazado de tuberías muestra que por este bajante circula mayor caudal y dicho apartamento presenta mayor longitud y quiebres de tubería con relación a los otros apartamentos existentes en el mencionado piso.

El caudal de diseño varía en función del número de apartamentos servido por el tramo de tubería correspondiente. El caudal fue estimado utilizando el método de unidades de gasto (UG) mediante la ecuación

$$Q \text{ (lps)} = 0.0809 * UG^{0.6838}$$

En la tabla 18 se muestran los caudales de diseño de esta tubería. Como se anotó anteriormente, los caudales corresponden exclusivamente a la demanda de agua fría en los apartamentos del edificio.

6.2 DISEÑO RED DE DISTRIBUCIÓN EXTERIOR

Las pérdidas en la tubería de distribución (bajante) proveniente del tanque de almacenamiento se calcularon mediante la ecuación de Hazen y Williams con coeficiente de fricción de 140 para PVC. En la tabla 16 se presenta el dimensionamiento y el chequeo de presiones en el bajante de distribución de agua fría, que inicia con un diámetro de tubería de 3" para un caudal cercano a 7 lps, y termina en tubería de ¾" desde el nivel de acceso hasta el sótano 2.

La información presentada muestra que con el dimensionamiento propuesto se logra garantizar velocidades inferiores a 2 m/s en todo el recorrido de la bajante.

Tabla 18. Dimensionamiento y chequeo de bajante de agua fría

ANALISIS BAJANTES CON UIDADES DE HUNTER															
ANALISIS PARA BAJANTE DE AGUA FRIA															
PISO	UH/ piso	Σ UH	Q	Ø	Ø	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H anterior	H final	Cota Piso	Presión
	#	#	Lps	in	Mm	m/s	m/m	m	m	M	m	m	m	m	m.c.a
tanque												38,65		38,15	
13	0	634	6,67	3	80,42	1,31	0,023	4,55	2	6,55	0,15	38,65	38,50	33,6	4,90
12	0	634	6,67	3	80,42	1,31	0,023	2,8	1,51	4,31	0,10	38,50	38,40	30,8	7,60
11	0	634	6,67	3	80,42	1,31	0,023	2,8	1,51	4,31	0,10	38,40	38,30	28	10,30
10	0	634	6,67	3	80,42	1,31	0,023	2,8	1,51	4,31	0,10	38,30	38,20	25,2	13,00
9	70	634	6,67	3	80,42	1,31	0,023	2,8	1,51	4,31	0,10	38,20	38,10	22,4	15,70
8	70	564	6,16	2,5	66,07	1,80	0,052	2,8	1,3	4,1	0,21	38,10	37,89	19,6	18,29
7	70	494	5,62	2,5	66,07	1,64	0,044	2,8	1,3	4,1	0,18	37,89	37,71	16,8	20,91
6	70	424	5,06	2,5	66,07	1,48	0,036	2,8	1,3	4,1	0,15	37,71	37,57	14	23,57
5	70	354	4,48	2,5	66,07	1,31	0,029	2,8	1,3	4,1	0,12	37,57	37,45	11,2	26,25
4	70	284	3,85	2,5	66,07	1,12	0,022	2,8	1,3	4,1	0,09	37,45	37,36	8,4	28,96
3	70	214	3,17	2,5	66,07	0,93	0,015	2,8	1,3	4,1	0,06	37,36	37,30	5,6	31,70
2	70	144	2,42	2,5	66,07	0,71	0,009	2,8	1,3	4,1	0,04	37,30	37,26	2,8	34,46
1	70	74	1,54	2	54,58	0,66	0,010	2,8	1,09	3,89	0,04	37,26	37,22	0	37,22
S1	2	4	0,21	0,75	23,63	0,48	0,015	2,8	0,56	3,36	0,05	37,22	37,17	-2,8	39,97
S2	2	2	0,13	0,75	23,63	0,30	0,006	2,8	0,56	3,36	0,02	37,17	37,15	-5,6	42,75

6.2.1 Sistema de agua caliente central En el edificio se instalará un sistema de calentamiento central a gas. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Un tanque acumulador de agua caliente de 700 litros.
- Dos calentadores a gas de paso directo de 13 lps cada uno.
- Bomba de recirculación del agua del tanque
- Una bomba de recirculación general del edificio.

Para estimar el caudal de diseño del sistema de agua caliente central del edificio se calculó el número total de unidades de consumo (Hunter) en el edificio, el cual se presenta en la tabla 19.

Tabla 19. Cálculo de unidades de consumo de agua caliente

UNIDADES DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE							
Apto	Unidades	Apto	Unidades	Apto	Unidades	Apto	Unidades
101	7,5	102	7,5	103	7,5	104	7,5
201	7,5	202	7,5	203	7,5	204	7,5
301	7,5	302	7,5	303	7,5	304	7,5
401	7,5	402	7,5	403	7,5	404	7,5
501	7,5	502	7,5	503	7,5	504	7,5
601	7,5	602	7,5	603	7,5	604	7,5
701	7,5	702	7,5	703	7,5	704	7,5
801	7,5	802	7,5	803	7,5	804	7,5
901	7,5	902	7,5	903	7,5	904	7,5
1001	7,5	1002	7,5	1003	7,5	1004	7,5
1101	7,5	1102	7,5	1103	7,5	1104	7,5
1201	9,75	1202	9,75	1203	9,75	1204	9,75
Sótanos = 0		Total UH		369			

De acuerdo con la tabla anterior, el número total de unidades es de 369, que corresponden a un caudal de 4,6 lps.

El suministro de agua caliente se inicia en el tanque acumulador de agua caliente de 500 litros, en el cual se mantiene caliente el agua mediante su paso o recirculación por un calentador de paso directo anexo al tanque, lo cual se logra con bombas centrífugas accionadas por controladores basados en la temperatura del agua en el tanque, los cuales se accionan si la temperatura disminuye por debajo de 50°C.

El diseño de la tubería principal de abastecimiento o distribución de agua caliente (bajante de agua caliente) se presenta en la tabla 20. El nivel de energía inicial,

49.35 metros, corresponde a una presión en el tanque de almacenamiento de 20 psi (14 mca) situado en la cota de la sala de máquinas (35.35 m), para un nivel de energía total igual a la suma de estos dos valores (energía potencial y energía de presión) de 49.35 mca.

Como se observa en la zona sombreada de la tabla mencionada, y con el objeto de igualar las presiones de las redes de agua fría y caliente, es necesario instalar una válvula reguladora entre los pisos 10 y 9 fijando el valor de presión aguas bajo de la válvula en 22 Psi.

Tabla 20. Chequeo de presiones en la Bajante de distribución de agua caliente

ANALISIS BAJANTES CON UIDADES DE HUNTER															
ANALISIS PARA BAJANTE DE AGUA CALIENTE															
A PISO	UH/ piso	Σ UH	Q	\emptyset	\emptyset	V	J	L Real	L Acces	L Total	J x L	H anterior	H final	Cota Piso	Presión
	#	#	Lps	in	Mm	m/s	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m.c.a
13												49,35			
12	39	369	4,61	2,5	58,14	1,73	0,056	7,85	10	17,85	1,00	49,35	48,35	30,8	17,55
11	30	330	4,27	2,5	58,14	1,61	0,049	2,8	1,3	4,1	0,20	48,35	48,15	28	20,15
10	30	300	4,00	2,5	58,14	1,51	0,043	2,8	1,3	4,1	0,18	48,15	47,97	25,2	22,77
9	30	270	3,72	2,5	58,14	1,40	0,038	2,8	1,3	4,1	0,16	37,97 ^(*)	37,81	22,4	15,41
8	30	240	3,43	2,5	58,14	1,29	0,033	2,8	1,3	4,1	0,13	37,81	37,68	19,6	18,08
7	30	210	3,13	2,5	58,14	1,18	0,028	2,8	1,3	4,1	0,11	37,68	37,57	16,8	20,77
6	30	180	2,82	2	44	1,85	0,088	2,8	1,09	3,89	0,34	37,57	37,22	14	23,22
5	30	150	2,49	2	44	1,64	0,070	2,8	1,09	3,89	0,27	37,22	36,95	11,2	25,75
4	30	120	2,14	2	44	1,41	0,053	2,8	1,09	3,89	0,21	36,95	36,75	8,4	28,35
3	30	90	1,75	2	44	1,15	0,037	2,8	1,09	3,89	0,14	36,75	36,60	5,6	31,00
2	30	60	1,33	2	44	0,87	0,022	2,8	1,09	3,89	0,09	36,60	36,52	2,8	33,72
1	30	30	0,83	1,25	38,14	0,72	0,018	2,8	0,77	3,57	0,07	36,52	36,45	0	36,45

(*) VRP presión aguas abajo 22 psi

6.2.2 Recirculación de agua caliente con el objeto de mantener una temperatura suficientemente alta ($\geq 50^{\circ}\text{C}$) en toda la tubería de distribución de agua caliente, y evitar desperdicios por la espera de la llegada del agua caliente al punto de servicio, se propone la instalación de un sistema de recirculación con tubería de 1.25" (igual al diámetro mínimo de la bajante).

La recirculación operará mediante una bomba eléctrica instalada en la sala de máquinas del sistema de calentamiento central de agua; esta bomba debe funcionar con un caudal de 2 lps (25% del caudal de agua caliente) y 40 psi de presión. Debe ser una bomba de 0.75 HP con motor trifásico de 2HP.

6.3 CHEQUEO (DISEÑO) DE APARTAMENTOS CRÍTICOS

Piso 9 – Apartamento 901

En la tabla 21 se muestra el cálculo de las presiones en el apartamento (901) crítico del piso 9, que incluye la pérdida en el medidor y muestra una presión final en el aparato crítico igual a 6.05 metros.

Las pérdidas en los medidores de 1/2" se calcularon utilizando la ecuación presentada en el libro *Agua, desagües y gas para edificaciones* de Rafael Pérez Carmona, cuya forma general es la siguiente

$$\text{Pérdida en medidor } H_m = 10 * (Q_d/Q_n)^2$$

El caudal nominal para un medidor de 1/2" es de 3 m³/hora; Q_d es el caudal calculado por el método de unidades de gasto para cada apartamento, es decir 0.57 lps (2.05 m³/hora); para este caudal las pérdidas de energía en el medidor son de 4.72 m.

Tabla 21. Chequeo de presiones en aparato critico del piso 9 - 901

TRAMO		∑ UH	Q	Ø	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m.c.a
tanque	13	634	6,67	3	1,31	0,0230	4,55	2	6,55	0,1505	38,65	38,50	33,6	4,90
13	12	634	6,67	3	1,31	0,0230	2,8	1,51	4,31	0,0990	38,50	38,40	30,8	7,60
12	11	634	6,67	3	1,31	0,0230	2,8	1,51	4,31	0,0990	38,40	38,30	28	10,30
11	10	634	6,67	3	1,31	0,0230	2,8	1,51	4,31	0,0990	38,30	38,20	25,2	13,00
10	tee 9	634	6,67	3	1,31	0,0230	2,8	1,51	4,31	0,0990	38,20	38,10	22,4	15,70
tee 9	9-tee 9 piso	70	1,48	1,0	0,91	0,1667	0,50	1,28	1,78	0,2968	38,10	37,81	22,4	15,41
9-tee9 piso	10-tee 901-03	52,5	1,21	1,00	1,69	0,1159	1,85	0,38	2,23	0,2584	37,81	37,55	22,4	15,15
10-tee 901-03	10ª-tee 903	35	0,92	1,00	1,28	0,0694	6,7	1,28	7,98	0,5537	37,55	36,99	22,4	14,59
10A-tee 903	11-medidor apto901	17,5	0,57	0,75	1,31	0,0953	0,3	0,29	0,59	0,0563	36,99	36,94	22,4	14,54
11-medidor apto901	11-medidor apto901									4,7232	36,94	32,22	22,4	9,82
11-medidor apto901	12-tee cocina	17,5	0,57	0,75	1,31	0,0953	3,45	2,45	5,9	0,5625	32,22	31,65	22,4	9,25
12-tee cocina	13-tee lavaplatos	7	0,31	0,50	1,18	0,1073	1	0,76	1,76	0,1888	31,65	31,46	22,4	9,06
13-tee lavaplatos	lavaplatos	5,5	0,26	0,50	1,00	0,0791	1,8	1,12	2,92	0,2308	31,46	31,23	23,25	7,98
13-tee lavaplatos	14-tee nevera	5,5	0,26	0,50	1,00	0,0791	1,1	0,2	1,3	0,1028	31,23	31,13	22,4	8,73
14-tee nevera	nevera	1	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,5	1,12	2,62	0,0846	31,13	31,05	22,7	8,35
14-tee nevera	15-tee lavadora	4,5	0,23	0,50	0,87	0,0613	1,25	0,2	1,45	0,0889	31,05	30,96	22,4	8,56
15-te lavadora	lavadora	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,85	1,12	2,97	0,0959	30,96	30,86	23,25	7,61
15-te lavadora	ropas	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,85	0,92	2,77	0,1017	30,86	30,76	23,4	7,36
12-tee cocina	17-tee baño auxiliar	10,5	0,40	0,50	1,55	0,1791	1,65	0,2	1,85	0,3314	31,65	31,32	22,4	8,92
17-tee baño auxiliar	tee lavamanos auxiliar	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	0,7	0,76	1,46	0,1088	31,32	31,21	22,4	8,81
tee lavamanos auxiliar	lavamanos auxiliar	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,55	1,12	2,67	0,0863	31,21	31,13	23,25	7,88
tee lavamanos auxiliar	tee sanitario auxiliar	4,5	0,23	0,50	0,87	0,0613	0,65	0,2	0,85	0,0521	31,13	31,07	22,4	8,67
tee sanitario auxiliar	sanitario auxiliar	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,05	1,12	2,17	0,0797	31,07	30,99	22,75	8,24
tee sanitario auxiliar	ducha auxiliar	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	3,6	0,92	4,52	0,1460	30,99	30,85	24,4	6,45
17-tee baño auxiliar	18-tee baño principal	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	8,7	0,56	9,26	0,6902	31,32	30,63	22,4	8,23
18-tee baño principal	tee lavamanos principal	3,75	0,20	0,50	0,77	0,0487	1,5	0,56	2,06	0,1003	30,63	30,53	22,4	8,13
tee lavamanos principal	lavamanos principal	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	0,85	1,12	1,97	0,0636	30,53	30,47	23,25	7,22
tee lavamanos principal	sanitario principal	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,1	0,56	1,66	0,0610	30,47	30,41	22,75	7,66
18-tee baño principal	ducha	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	4,1	1,48	5,58	0,1803	30,63	30,45	24,4	6,05

El análisis de las presiones en las redes servidas por el equipo hidroneumático se realiza mediante una hoja de cálculo similar a la utilizada en el...capítulo 6.3... En este caso, el análisis se inicia en el tanque de presión constante y finaliza en el aparato crítico del sistema, que es la ducha del apartamento crítico.

Por cuestión de similitud de presiones entre agua fría y caliente, se optó por utilizar medidores de $\frac{3}{4}$ " en los apartamentos del piso 12, servidos por el sistema hidroneumático, pues la presión obtenida al utilizar medidores de $\frac{1}{2}$ " es del orden de 7 metros disminuyendo la presión obtenida en la red de agua caliente mostrada en la tabla 22. En la tabla citada se muestra el cálculo de presiones, observándose que la presión en la red de agua fría obtenida en la ducha crítica del segundo nivel es del orden de 8.33 metros.

Tabla 22. Chequeo de presiones en red de agua fría apartamento crítico piso 12 (hidroneumático)

TRAMO		∑ UH	Q	Ø	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	m	M	m	m	m.c.a
Tanque A20psi-maquina	Tee 12	231	3,34	2,00	1,43	0,0423	4,75	3,36	8,11	0,3430	49,35	49,01	30,8	18,21
tee12	9tee piso 12	91	1,77	2,00	0,76	0,0130	0,5	2,31	2,81	0,0366	49,01	48,97	30,8	18,17
9tee piso 12	10tee 1201-03	68,25	1,45	2,00	0,62	0,0090	1,85	0,73	2,58	0,0233	48,97	48,95	30,8	18,15
10tee 1201-03	10A-tee 1202	45,5	1,10	1,00	1,54	0,0967	6,70	1,28	7,98	0,7716	48,95	48,18	30,8	17,38
10A-tee 1202	11-medidor apto 1201	22,75	0,69	0,75	1,56	0,1329	0,30	0,38	0,68	0,0904	48,18	48,09	30,8	17,29
11-medidor apto 1201	11-medidor apto 1201									2,4343	48,09	45,65	30,8	14,85
11-medidor apto 1201	12-tee cocina	22,75	0,69	0,75	1,56	0,1329	3,45	2,45	5,9	0,7839	45,65	44,87	30,8	14,07
12-tee cocina	13-tee lavaplatos	7	0,31	0,50	1,18	0,1073	1	0,76	1,76	0,1888	44,87	44,68	30,8	13,88
13-tee lavaplatos	lavaplatos	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,8	1,12	2,92	0,0943	44,68	44,58	31,65	12,93
13-tee lavaplatos	14-tee nevera	5,5	0,26	0,50	1,00	0,0791	1,1	0,2	1,3	0,1028	44,58	44,48	30,8	13,68
14-tee nevera	Nevera	1	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,5	1,12	2,62	0,0846	44,48	44,40	31,1	13,30
14-tee nevera	15-tee lavadora	4,5	0,23	0,50	0,87	0,0613	1,25	0,2	1,45	0,0889	44,40	44,31	30,8	13,51
15-tee lavadora	Lavadora	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,85	1,12	2,97	0,0959	44,31	44,21	31,9	12,31
15-tee lavadora	16-ropas	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,85	0,92	2,77	0,1017	44,21	44,11	30,8	13,31
12-tee cocina	Tee segundo nivel	15,75	0,53	0,75	1,22	0,0834	0,75	0,29	1,04	0,0868	44,87	44,78	30,8	13,98
Tee segundo nivel	17-tee baño auxiliar	10,5	0,40	0,50	1,55	0,1791	3,25	0,2	3,45	0,6180	44,78	44,16	30,8	13,36
17-tee baño auxiliar	Tee lavamanos auxiliar	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	0,7	0,76	1,46	0,1088	44,16	44,05	30,8	13,25
Tee lavamanos auxiliar	Lavamanos auxiliar	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,55	1,12	2,67	0,0863	44,05	43,97	31,65	12,32
Tee lavamanos auxiliar	Tee sanitario auxiliar	4,5	0,23	0,50	0,87	0,0613	0,65	0,2	0,85	0,0521	43,97	43,91	30,8	13,11
Tee sanitario auxiliar	Sanitario auxiliar	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,05	1,12	2,17	0,0797	43,91	43,84	31,15	12,69
Tee sanitario auxiliar	Ducha auxiliar	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	3,6	0,92	4,52	0,1460	43,84	43,69	32,8	10,89
17-tee baño auxiliar	18-tee baño principal	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	6,75	0,56	7,31	0,5449	43,69	43,14	30,8	12,34
18-tee baño principal	tee lavamanos principal	3,75	0,20	0,50	0,77	0,0487	1,2	0,2	1,4	0,0682	43,14	43,08	30,8	12,28
Tee lavamanos principal	Lavamanos principal	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	0,85	1,12	1,97	0,0636	43,08	43,01	31,65	11,36
Tee lavamanos principal	Sanitario principal	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	1,15	0,56	1,71	0,0628	43,01	42,95	31,15	11,80
18-tee baño principal	Ducha baño principal	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	4,3	1,48	5,78	0,1867	42,95	42,76	32,8	9,96
Tee segundo nivel	tee baño segundo nivel	5,25	0,25	0,50	0,97	0,0745	7,7	1,84	9,54	0,7111	44,78	44,07	33,6	10,47
Tee baño segundo nivel	Tee sanitario seg. nivel	3,75	0,20	0,50	0,77	0,0487	0,4	0,76	1,16	0,0565	44,07	44,01	33,6	10,41

Tee sanitario seg. nivel	Sanitario	3	0,17	0,50	0,66	0,0367	0,35	1,32	1,67	0,0613	44,01	43,95	33,95	10,00
Tee sanitario seg. nivel	Lavamanos	0,75	0,16	0,50	0,62	0,0323	1,8	0,56	2,36	0,0762	43,95	43,88	34,45	9,43
Tee baño segundo nivel	Ducha	1,5	0,16	0,50	0,62	0,0323	3,9	0,56	4,46	0,1441	44,07	43,93	35,6	8,33

De la misma forma que se chequearon presiones para la red de agua fría, a continuación se presenta el chequeo de aparatos en la red de agua caliente para los pisos 12 y 9.

El apartamento más crítico para la red de agua caliente se encuentra en el piso 12 (apartamento duplex con altillo o segundo piso). En la tabla 23 se presenta el chequeo de presiones en el apartamento crítico del piso 12; en la tabla se ha incluido una pérdida de 1.97 metros para el medidor de $\frac{3}{4}$ " funcionando con 0.38 lps (1.38 m³/hora). En la tabla citada se observa que la presión en la red de agua caliente en la ducha crítica es de 8.08 metros.

Adicionalmente se propone el chequeo del funcionamiento del apartamento 901, pues en este piso el abastecimiento de agua fría proviene por gravedad desde el tanque elevado, mientras el agua caliente se origina en el sistema central; en la tabla 24 se presenta el chequeo de presiones en el apartamento crítico del piso 9. La presión del agua caliente en la ducha del baño crítico en el apartamento 901 es de 5.75 metros, similar a la de 6.05 metros calculada en la red de agua fría.

Tabla 23. Chequeo de presiones agua caliente apartamento 1201

TRAMO		Σ UH	Q	\emptyset	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m.c.a
Tanque agua caliente	tee 12	369	4,61	2,5	1,73	0,0562	7,85	4,11	11,96	0,6725	49,35	48,68	30,8	17,88
tee12	9tee piso 12	39	0,99	2	0,65	0,0125	0,5	2,31	2,81	0,0351	48,68	48,64	30,8	17,84
9tee piso 12	10tee 1201-03	29,3	0,81	1	1,89	0,1919	1,85	0,38	2,23	0,4280	48,64	48,21	30,8	17,41
10tee 1201-03	10A-tee 1202	19,5	0,62	1	0,38	0,1149	6,70	1,28	7,98	0,9169	48,21	47,30	30,8	16,50
10A-tee 1202	11-medidor apto 1201	9,75	0,38	0,75	0,24	0,1640	0,30	0,29	0,59	0,0968	47,30	47,20	30,8	16,40
11-medidor apto 1201	11-medidor apto 1201									1,9716	47,20	45,23	30,8	14,43
11-medidor apto 1201	tee cocina	9,75	0,38	0,75	1,48	0,1640	3,45	2,45	5,9	0,9675	45,23	44,26	30,8	13,46
tee cocina	tee segundo nivel	6,75	0,30	0,75	1,15	0,1030	0,75	0,29	1,04	0,1071	44,26	44,15	30,8	13,35
tee segundo nivel	17-tee baño auxiliar	4,5	0,23	0,75	0,87	0,0617	3,85	0,29	4,14	0,2553	44,15	43,90	30,8	13,10
17-tee baño auxiliar	18-tee baño principal	2,25	0,16	0,5	1,32	0,2066	6,75	0,56	7,31	1,5102	43,90	42,39	30,8	11,59
18-tee baño principal	Ducha princ primer nivel	1,25	0,16	0,5	1,32	0,2066	4,3	1,48	5,78	1,1941	42,39	41,20	32,8	8,40
tee segundo nivel	tee baño segundo nivel	2,25	0,16	0,75	0,62	0,0325	7,65	2,49	10,14	0,3293	44,15	43,83	33,6	10,23
tee baño segundo nivel	ducha segundo nivel	1,5	0,16	0,75	0,62	0,0325	3,9	0,56	4,46	0,1449	43,83	43,68	35,6	8,08

Tabla 24. Chequeo de presiones agua caliente apartamento 901

TRAMO		Σ UH	Q	\emptyset	V	J	L	L Acc	L Total	J x L	H ant	Hi	Cota	Presión
DE	A	#	Lps	in	m/s	m/m	m	m	m	m	m	m	m	m.c.a
Tanque	12	369	4,61	2,5	1,73	0,0562	7,85	10	17,85	1,0037	49,35	48,35	30,8	17,55
12	11	330	4,27	2,5	1,61	0,0488	2,8	1,3	4,1	0,2002	48,35	48,15	28	20,15
11	10	300	4,00	2,5	1,51	0,0433	2,8	1,3	4,1	0,1774	48,15	47,97	25,2	22,77
10	tee 9	270	3,72	2,5	1,40	0,0379	2,8	1,3	4,1	0,1553	37,97	37,81	22,4	15,41
tee 9	9-tee 9 piso	30	0,83	1	1,16	0,0571	1,00	1,28	2,28	0,1302	37,81	37,68	22,4	15,28
9-tee 9 piso	10-tee 901-03	15	0,52	0,75	1,99	0,2828	1,8	0,29	2,09	0,5910	37,68	37,09	22,4	14,69
10-tee 901-03	10A-tee 902	7,5	0,32	0,75	1,24	0,1177	6,95	1,02	7,97	0,9378	37,09	36,15	22,4	13,75
10A-tee 902	11-medidor apto901	7,5	0,32	0,75	1,24	0,1177	0,3	0,29	0,59	0,0694	36,15	36,09	22,4	13,69
11-medidor apto901	11-medidor apto901									1,4825	36,09	34,60	22,4	12,20
11-medidor apto901	12-tee cocina	7,5	0,32	0,75	1,24	0,1177	3,4	2,45	5,85	0,6884	34,60	33,91	22,4	11,51
12-tee cocina	13-tee lavaplatos	3	0,17	0,50	1,42	0,2348	0,85	1,02	1,87	0,4392	33,91	33,48	22,4	11,08
13-tee lavaplatos	Lavaplatos	1,5	0,16	0,50	1,32	0,2066	1,8	1,12	2,92	0,6033	33,48	32,87	23,25	9,62
13-tee lavaplatos	15-tee lavadora	1,5	0,16	0,50	1,32	0,2066	2,45	0,2	2,65	0,5475	32,87	32,32	22,4	9,92
15-tee lavadora	Lavadora	1,5	0,16	0,50	1,32	0,2066	1,85	1,12	2,97	0,6136	32,32	31,71	23,25	8,46
12-tee cocina	17-tee baño auxiliar	4,5	0,23	0,50	1,87	0,3922	1,45	0,2	1,65	0,6472	33,91	33,27	22,4	10,87
17-tee baño auxiliar	tee lavamanos auxiliar	2,25	0,16	0,50	1,32	0,2066	0,7	0,76	1,46	0,3016	33,27	32,97	22,4	10,57
tee lavamanos auxiliar	Lavamanos auxiliar	0,75	0,16	0,50	1,32	0,2066	1,55	1,12	2,67	0,5516	32,97	32,41	23,25	9,16
tee lavamanos auxiliar	Ducha auxiliar	1,5	0,16	0,50	1,32	0,2066	4,25	0,92	5,17	1,0681	32,41	31,35	24,4	6,95
17-tee baño auxiliar	18-tee baño principal	2,25	0,16	0,50	1,32	0,2066	6,55	0,56	7,11	1,4689	33,27	31,80	22,4	9,40
18-tee baño principal	Lavamanos principal	0,75	0,16	0,50	1,32	0,2066	1,5	0,92	2,42	0,5000	31,80	31,30	23,25	8,05
18-tee baño principal	Ducha	1,5	0,16	0,50	1,32	0,2066	4,1	1,48	5,58	1,1528	31,30	30,15	24,4	5,75

6.3.1 Resumen de presiones calentamiento central en la tabla 25 se presenta un resumen de las presiones encontradas (proyectadas) para los aparatos críticos en los pisos 12 y 9.

Tabla 25. Resumen de presiones

Piso	Presión en mca	
	Agua fría	Agua caliente
12	8.33	8.08
9	6.05	5.75

Como se observa en la tabla anterior, el balance de presiones logrado en las dos redes independientes de agua fría y caliente, permite similares niveles de presión en agua fría y en agua caliente, en todos los aparatos del edificio.

6.4 SUMINISTRO DE AGUA FRÍA AL SISTEMA DE CALENTAMIENTO

El suministro de agua fría al tanque de agua caliente se realiza mediante tubería de PVC desde el tanque elevado al equipo hidroneumático, el cual sirve simultáneamente al sistema de calentamiento y a las redes de agua fría de los pisos 12, 11 y 10. El caudal de diseño de este sistema corresponde a la suma de las unidades de agua caliente (364 unidades de gasto) más las unidades de agua fría de los pisos superiores mencionados (231 unidades de gasto), para un total de 595 unidades y un caudal de 6.39 lps, para el cual se requiere una tubería de 2.5 pulgadas.

El agua es impulsada por el hidroneumático a presiones entre 20 y 40 psi, aprovechando que los tanques están diseñados para presiones hasta de 150 psi, y por lo tanto funcionan como equipos de presión constante con agua caliente al interior.

Para estimar el volumen del tanque de presión de agua fría, se asume que el equipo de bombeo tendrá una potencia de 5 HP, para la cual el intervalo de tiempo entre arranques consecutivos recomendado es de 2 minutos, que corresponde a 30 ciclos en una hora. El tanque funcionará a presiones entre 15 y 35 psi; el volumen del tanque se calcula mediante la expresión:

$$V = 15 \cdot Q \cdot P1 / (K \cdot N \cdot \Delta P)$$

Donde:

Q es el caudal en lpm igual a 383.4 lpm

P1 es la presión máxima en atmósferas: 40 psi = 2.72 atm

ΔP es la diferencia de presión en atmósferas = 20 psi = 1.36 atm

K es una constante igual a 0.8

Reemplazando valores se tiene,

$$V = 15 \cdot 383.4 \cdot 2.72 / (0.8 \cdot 30 \cdot 1.36) = 479 \text{ litros}$$

Considerando un margen de seguridad razonable (25%) se propone la utilización de un tanque de 500 litros.

La bomba del hidroneumático debe tener capacidad para suministrar 6.39 lps a una presión de 40 psi (28mca).

7. DISEÑO REDES DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA INDIVIDUAL⁽¹⁾

El trazado de redes de gas se diseñará para cada uno de los sistemas de distribución de agua caliente antes mencionados.

El diseño de redes de gas que se mostrará a continuación se obtiene teniendo en cuenta que el edificio funciona con calentadores individuales.

7.1 ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

El esquema de abastecimiento de gas se basa en el uso de redes de baja presión, con regulación de presión a la entrada del edificio y baterías de medidores en el nivel de acceso al mismo.

El centro de medición se localizará en el nivel de acceso al edificio.

Los artefactos de uso doméstico que existirán en el edificio son estufas y hornos. En el caso del sistema de calentamiento de agua central y un sistema de distribución de agua caliente no se utilizarán calentadores de agua (de paso y de acumulación), y se ha descartado el uso de secadoras de ropa, equipos de aire acondicionado, neveras, y asadores en los apartamentos del condominio.

Todos los artefactos a gas que se instalen han de cumplir con las NTC correspondientes y los Reglamentos Técnicos emitidos por la autoridad competente; en este último caso deberán disponer del respectivo certificado de conformidad.

Para las cocinas y hornos aplicará también las siguientes medidas de seguridad:

- Todo artefacto a gas llevará asociado una válvula de paso de fácil identificación y acceso que permita suspender o restituir, según se requiera, el servicio de gas.
- Los artefactos a gas, en general, deben poseer válvula con enclavamiento que impida su operación accidental.
- Las cocinas mixtas tendrán ambientes aislados entre ambos servicios (energía eléctrica y gas).

⁽¹⁾ El procedimiento metodológico fue suministrado por el ingeniero Rafael Ortiz Pérez director del proyecto de grado.

- En caso que las cocinas (tanto las sólo a gas como las mixtas) y los calentadores posean piloto, éste tendrá una protección que impida el paso del gas al ambiente en el evento que aquél se apague.

Los aparatos a gas tendrán una placa con información visible del tipo de gas para el cual fueron diseñados e información suficiente sobre su operación y calibración, además de la información exigida por las autoridades competentes, tales como el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la Superintendencia de Industria y Comercio.

Todo artefacto a gas irá acompañado (en el momento de adquisición o entrega al usuario) de un catálogo de instrucciones de funcionamiento, de instalación y ventilación específica de acuerdo con las NTC correspondientes y de adaptación a otro tipo de gas, que indique las condiciones de operación y mantenimiento. Igualmente incluirán la potencia nominal y la potencia útil del artefacto.

La potencia de un artefacto a gas es la cantidad total de energía en la unidad de tiempo utilizada por él. Para obtener el consumo en m³/h de un determinado artefacto a gas, se divide la potencia nominal del artefacto en BTU/h entre el poder calorífico del gas a utilizar en BTU/m³, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 26. Consumo de gas en diferentes aparatos

APARATO	BTU/hora	GAS NATURAL	
		Poder calorífico BTU/m ³	CAUDAL m ³ /hora
ESTUFA 4 quemadores	22400	38840	0.58
HORNO	12000	38840	0.31
CALENTADOR 13 lpm	160000	38840	4.12
SECADORA	35000	38840	0.90

7.1.1 Caudales de diseño el caudal de diseño que se calculará a continuación es el correspondiente a un edificio que utiliza calentadores individuales. Para esto es necesario conocer el poder calórico del calentador a utilizar, en la siguiente tabla se muestra el poder calórico de diferentes caudales en lpm.

Capacidad y potencia de calentadores

CALENTADORES					
Caudal lpm	4,5	5	7,5	10	13
Potencia kw	7,8	11,7	13	17,4	21
btu/h	26520	39780	44200	59160	71400
Caudal m ³ /h	0,69	1,03	1,15	1,53	1,85
Presión min. kPa	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
Presión min. mbares	17,05	17,05	17,05	17,05	17,05

Por cuestiones de diseño se utilizará el calentador con caudal de 5 lpm.

Para estimar la demanda asociada con el consumo doméstico se utiliza la ecuación de simultaneidad siguiente:

$$Q_{diseño} = A + B + \frac{(C + D + \dots + n)}{2}$$

Donde:

Q diseño es el caudal de diseño en m³ por hora

A y B son los caudales de los aparatos de mayor consumo en m³/hora

C, D, etc. son los caudales de los restantes aparatos

Para el cálculo de las líneas individuales a los apartamentos la ecuación para el cálculo del caudal es:

$$Q_{diseño} = 1.53 + 0.5 + \frac{(0.31)}{2}$$

De manera que el caudal en cada una de las tuberías montantes a los apartamentos será de 2.25 m³ por hora.

La pérdida de carga o diferencia de presiones, entre el punto inicial de la red (a continuación del medidor) y los puntos de conexión de artefactos a gas será tal que, bajo las máximas condiciones probables de demanda, la presión de suministro en el artefacto a gas esté dentro del rango estipulado en las Normas Técnicas Colombianas pertinentes. La presión en la tubería estará dentro de los rangos establecidos en la NTC 3838.

El rango de presiones manométricas de entrada y de salida para el regulador de etapa única en el sistema de gas natural del proyecto, ubicado en el exterior del edificio, es el siguiente

$$\begin{array}{l} \text{Gas Natural} \quad 4,0 \text{ bar.} \geq P_{\text{entrada}} \geq 1,0 \text{ bar.} \\ \quad \quad \quad \quad P_{\text{salida}} = 23 \text{ mbar.} \end{array}$$

La presión máxima posible en un sistema de redes interiores con regulador externo es de 23 milibares. La pérdida en la acometida es de 0.2 mbares y tomando la pérdida de presión en los medidores individuales igual a 2 milibares, la presión disponible en salida de medidor es de 20.8 milibares.

Los artefactos de gas de uso doméstico funcionan con presiones mínimas de 13 milibares; acogiendo las recomendaciones de Pérez Carmona, se utilizará como presión de chequeo en la entrada al artefacto un valor de 17.5 milibares.

En la parte práctica se utilizan fórmulas más simples, obtenidas como resultado de largos procesos investigativos experimentales, teniendo en cuenta, entre otros, las presiones en juego y los tipos de materiales utilizados. Para estimar el valor de las pérdidas de energía (presión) en las conducciones de gas de baja presión, se recomienda utilizar la ecuación de Renouard (lineal) cuya expresión básica es,

$$\frac{\Delta P}{L} = 23200 * S * Q^{1.82} * D^{-4.82}$$

En la cual todos los términos han sido ya definidos, excepto S que es la densidad relativa del gas natural, igual a 0.67.

A continuación se presenta un listado de accesorios con su respectiva relación longitud/diámetro para el cálculo de longitudes equivalentes.

ACCESORIO	RELACIÓN LONGITUD/DIÁMETRO
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Tee (con flujo a 90°)	60
Tee a flujo	20

Adicionalmente, deberá verificarse que la velocidad de diseño no debe superar los 30m/s. Para el cálculo de la velocidad de diseño se propone la ecuación siguiente,

$$V = 354Q / (P \times \Phi^2)$$

Donde:

La velocidad V está en m/s

Q es el caudal en m³/hora

P la presión absoluta en bares

Φ el diámetro en mms.

7.2 CHEQUEO (DISEÑO) APARTAMENTO CRÍTICO

Para el dimensionamiento de los conductos de gas se utilizó una hoja de cálculo en la cual se programó la ecuación de pérdida de presión de Renouard, y variando

diámetros de tubería, se verificó que la presión en el aparato crítico fuera superior a 17.5 milibares.

7.2.1 Redes a apartamentos el cálculo y chequeo de las líneas que abastecen los apartamentos y el sistema de calentamiento de agua se muestra en la tabla 27. Todos los tubos cumplen las especificaciones de presión y de velocidad definidas como criterios de diseño.

Tabla 27. Dimensionamiento de tuberías

PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
1	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,63	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo piso apt1	4,00	0,47	4,47	2,25	0,50	0,326	1,46	5,4	20,2	18,7
	CODO PISO APT1- TEE CAL	0,70	0,94	1,64	2,25	0,50	0,326	0,16	5,4	18,7	18,5
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,5	18,4
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
2	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,63	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	2,80	0,47	3,27	2,25	0,50	0,326	1,07	5,4	20,0	18,9
	CODO PISO APT2- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	18,9	18,5
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,5	18,4
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
3	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,63	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	5,60	0,47	6,07	2,25	0,50	0,326	1,98	2,4	20,0	18,0
	CODO PISO APT3- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	18,0	17,6
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	17,6	17,5
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
4	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	8,40	0,47	8,87	2,25	0,75	0,046	0,41	2,4	20,0	19,6
	CODO PISO APT4- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	19,6	19,2
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	19,2	19,1
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
5	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	11,20	0,47	11,67	2,25	0,75	0,046	0,54	2,4	20,0	19,4
	CODO PISO APT5- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	19,4	19,0
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	19,0	18,9

PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	Final
6	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	14,00	0,47	14,47	2,25	0,75	0,046	0,67	2,4	20,0	19,3
	CODO PISO APT6- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	19,3	18,9
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,9	18,8
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	H	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
7	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	16,80	0,47	17,27	2,25	0,75	0,046	0,80	2,4	20,0	19,2
	CODO PISO APT7- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	19,2	18,8
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,8	18,7
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
8	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	19,60	0,47	20,07	2,25	0,75	0,046	0,93	2,4	20,0	19,0
	CODO PISO APT8- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	19,0	18,7
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,7	18,5
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	H	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
9	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	22,40	0,47	22,87	2,25	0,75	0,046	1,06	2,4	20,0	18,9
	CODO PISO APT9- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	18,9	18,5
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,5	18,4
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	H	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
10	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,4
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,4	20,3
	tramo vertical	25,20	0,47	25,67	2,25	0,75	0,046	1,19	2,4	20,3	19,5
	CODO PISO APT10- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	19,5	19,3
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	19,3	19,2
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	H	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
11	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	2,25	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	2,25	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	28,00	0,47	28,47	2,25	0,75	0,046	1,32	2,4	20,0	18,6
	CODO PISO APT11- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	2,25	0,50	0,326	0,38	5,4	18,6	18,3
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,3	18,2

PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	H	Δh	V	Presión mbar	
		TUBO	ACC	TOTAL	m ³ /h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	Inicial	Final
12	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	1,76	0,75	0,046	0,61	2,4	20,8	20,2
	codo x1 - codo vertical	4,00	0,47	4,47	1,76	0,75	0,046	0,21	2,4	20,2	20,0
	tramo vertical	30,80	0,47	31,27	1,76	0,75	0,046	1,45	2,4	20,0	18,5
	CODO PISO APT12- TEE CAL	0,70	0,47	1,17	1,76	0,50	0,326	0,38	5,4	18,5	18,1
	TEE CAL - TEE ESTUFA/HORNO	1,50	0,33	1,83	0,89	0,50	0,060	0,11	2,1	18,1	18,0

A continuación se mostrará el diseño de redes de gas teniendo en cuenta que el edificio funciona con un sistema de calentamiento de agua central.

8. DISEÑO REDES DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL

8.1 ESQUEMA DE ABASTECIMIENTO Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

El esquema de abastecimiento de gas se basa en el uso de redes de baja presión, con regulación de presión a la entrada del edificio y baterías de medidores en el nivel de acceso al mismo.

En el nivel de acceso se localizará el centro de medición

El edificio contará con un sistema de calentamiento de agua central y un sistema de distribución de agua caliente; el sistema se instalará en el cuarto de máquinas situado en la cota 35.35. Los calentadores de agua se alimentarán con una tubería expresamente diseñada para este sistema.

8.1.1 Caudal de diseño para estimar la demanda asociada con el consumo doméstico se sumara el caudal de la estufa y del horno (0.58 – 0.31) respectivamente, mostrados en la tabla 23.

De manera que el caudal en cada una de las tuberías montantes a los apartamentos será de 0.89 m³/h. El caudal del montante a los calentadores de agua será de 8.24 m³/h (mostrado en la tabla 23).

El cálculo y chequeo de las líneas que abastecen los apartamentos y el sistema de calentamiento de agua se muestra en la tabla 28. Todos los tubos cumplen las especificaciones de presión y de velocidad definidas como criterios de diseño.

Tabla 28. Dimensionamiento de tuberías

PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m ³ /h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
1	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT1	4,00	0,47	4,47	0,89	0,50	0,060	0,27	2,1	20,0	19,7
	CODO PISO APT1 - ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	19,7	19,6
2	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT2	6,80	0,94	7,74	0,89	0,50	0,060	0,46	2,1	20,0	19,5
	CODO PISO APT2 - ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	19,5	19,4
3	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT3	9,60	0,94	10,54	0,89	0,50	0,060	0,63	2,1	20,0	19,4
	CODO PISO APT3 - ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	19,4	19,2

PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
4	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT4	12,40	0,94	13,34	0,89	0,50	0,060	0,80	2,1	20,0	19,2
	CODO PISO APT4- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	19,2	19,1
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
5	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT5	15,20	0,94	16,14	0,89	0,50	0,060	0,96	2,1	20,0	19,0
	CODO PISO APT5- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	19,0	18,9
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
6	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT6	18,00	0,94	18,94	0,89	0,50	0,060	1,13	2,1	20,0	18,9
	CODO PISO APT6- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	18,9	18,7
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
7	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT7	20,80	0,94	21,74	0,89	0,50	0,060	1,30	2,1	20,0	18,7
	CODO PISO APT7- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	18,7	18,6
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
8	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT8	23,60	0,94	24,54	0,89	0,50	0,060	1,46	2,1	20,0	18,5
	CODO PISO APT8- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	18,5	18,4
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
9	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT9	26,40	0,94	27,34	0,89	0,50	0,060	1,63	2,1	20,0	18,4
	CODO PISO APT9- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	18,4	18,2
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
10	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT10	29,20	0,94	30,14	0,89	0,50	0,060	1,80	2,1	20,0	18,2
	CODO PISO APT10- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	18,2	18,1
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
11	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT11	32,00	0,94	32,94	0,89	0,50	0,060	1,96	2,1	20,0	18,0
	CODO PISO APT11- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	18,0	17,9

PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
12	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	0,89	0,50	0,060	0,81	2,1	20,8	20,0
	codo x1 - CODO PISO APT12	34,80	0,94	35,74	0,89	0,50	0,060	2,13	2,1	20,0	17,9
	CODO PISO APT12- ESTUFA/HORNO	1,65	0,47	2,12	0,89	0,50	0,060	0,13	2,1	17,9	17,7
PISO	PLANTA	LONGITUD			Q	D	h	Δh	V	Presión mbar	
		Tubo	Acc	Total	m3/h	pulg	mbar/m	mbar	m/s	inicial	final
CAL	CM - CODO x1	13,10	0,47	13,57	8,24	1,25	0,042	0,57	3,2	20,8	20,2
	codo x1 - CALENTADOR	39,65	0,94	40,59	8,24	1,25	0,042	1,69	3,2	20,2	18,5

9. ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS

Para la elaboración del presupuesto se calcularon las cantidades de obra del sistema en general, los precios de los materiales utilizados en el mismo fueron suministrados por la base de datos de la ferretería ALDIA, el precio de los materiales incluye instalación e IVA.

No se incluyeron en la elaboración del presupuesto los análisis de precios unitarios, porque el objetivo es obtener un valor estimativo del diseño hidráulico y de gas de los dos sistemas de calentamiento de agua.

9.1 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO (DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS) PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA INDIVIDUAL

El siguiente presupuesto mostrado en la tabla 29 corresponde al sistema de suministro de agua caliente individual.

Tabla 29. Cantidades de obra y presupuesto (sistema de calefacción individual)

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO (DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS) PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA INDIVIDUAL					
N	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	VR/unidad	VR/TOTAL
1	AGUA POTABLE				
1.1	Suministro Agua Fría				
1.1.1	Diámetro = 1/2" PVC RDE 9	ML	1790,00	\$ 3.694	\$ 6.612.535
1.1.2	Diámetro = 3/4" PVC RDE 11	ML	204,8	\$ 5.156	\$ 1.055.898
1.1.3	Diámetro = 1" PVC RDE 21	ML	140,25	\$ 6.962	\$ 976.356
1.1.4	Diámetro = 2" PVC RDE 21	ML	25,85	\$ 17.482	\$ 451.898
1.1.5	Diámetro = 2.5" PVC RDE 21	ML	36,20	\$ 28.333	\$ 1.025.638
1.1.6	Diámetro = 3" PVC RDE 22	ML	24,15	\$ 54.096	\$ 1.306.419
1.1.7	Accesorios				
1.1.8	Unión = 1/2" PVC RDE 9	UN	90	\$ 892	\$ 79.862
1.1.9	Unión = 3/4" PVC RDE 11	UN	10	\$ 1.424	\$ 14.580
1.1.10	Unión = 1" PVC RDE 13,5	UN	7	\$ 2.791	\$ 19.570
1.1.11	Unión = 2" PVC RDE 21	UN	1	\$ 16.419	\$ 21.222
1.1.12	Unión = 2.5" PVC RDE 21	UN	2	\$ 47.289	\$ 85.594
1.1.13	Unión = 3" PVC RDE 22	UN	1	\$ 30.695	\$ 37.065
1.1.14	Codos				
1.1.15	Codo = 1/2" PVC RDE 9	UN	752	\$ 892	\$ 671.015
1.1.16	Codo = 3/4" PVC RDE 11	UN	236	\$ 1.424	\$ 336.028
1.1.17	Tee				
1.1.18	Tee = 1/2" PVC RDE 9	UN	436	\$ 855	\$ 372.612

1.1.19	Tee = 3/4" PVC RDE 11	UN	49	\$ 1.440	\$ 70.560
1.1.20	Tee = 1" PVC RDE 13,5	UN	11	\$ 2.815	\$ 30.969
1.1.21	Tee = 2" PVC RDE 21	UN	24	\$ 15.210	\$ 365.040
1.1.22	Tee = 3" PVC RDE 22	UN	7,00	\$ 73.943	\$ 517.600
1.2	Suministro Agua Caliente				
1.2.1	Diámetro = 1/2" CPVC RDE 11	ML	336	\$ 4.625	\$ 1.554.000
1.2.2	Diámetro = 3/4" CPVC RDE 11	ML	1090,4	\$ 7.625	\$ 8.314.300
1.2.3	Accesorios				
1.2.4	Unión = 1/2" CPVC RDE 9	UN	17	\$ 688	\$ 11.550
1.2.5	Unión = 3/4" CPVC RDE 11	UN	55	\$ 1.025	\$ 55.883
1.2.9	Codos				
1.2.10	Codo = 1/2" CPVC RDE 9	UN	268	\$ 1.000	\$ 268.000
1.2.11	Codo = 3/4" CPVC RDE 11	UN	100	\$ 1.750	\$ 175.000
1.2.13	Tee				
1.2.14	Tee = 1/2" CPVC RDE 9	UN	253	\$ 5.800	\$ 1.467.400
1.2.15	Tee = 3/4" CPVC RDE 11	UN	94	\$ 6.500	\$ 611.000
1.2.16	Tee = 1" CPVC RDE 13,5	UN	13	\$ 25.500	\$ 331.500
1.2.18	Calentador individual de 10 lps	UN	48	\$ 840.000	\$ 40.320.000
1.2.19	Chimenea de gases				
1.2.20	exosto 4"	ML	24	\$ 70.000	\$ 1.680.000
1.2.21	exosto 6"	ML	134,4	\$ 90.000	\$ 12.096.000
1.3	Tubería Galvanizada Cuarto bombas				
1.3.1	Diámetro = 2" HG	ML	6	\$ 53.053	\$ 318.317
1.3.3	Diámetro = 3" HG	ML	2	\$ 55.832	\$ 111.665
1.3.4	Accesorios 2" (Codos 90° - Tee)	UN	6	\$ 27.297	\$ 163.785
1.3.5	Accesorios 3" (Codos 90° - Tee)	UN	2	\$ 77.411	\$ 154.822
1.4	Registros de paso directo red-white				
1.4.1	Diámetro = 1/2"	UN	104	\$ 9.144	\$ 950.957
1.4.2	Diámetro = 3/4"	UN	140	\$ 11.500	\$ 1.610.000
1.4.3	Diámetro = 1"	UN	8	\$ 30.000	\$ 240.000
1.5	Cheques tipo cortina red-white				
1.5.1	Diámetro = 2"	UN	2	\$ 111.106	\$ 222.213

1.6	Suministro e instalación de:				
1.6.1	Válvula Flotador HELBERT D= 1."	UN	1	\$ 102.080	\$ 102.080
1.6.2	Válvula Flotador HELBERT D= 2"	UN	1	\$ 145.974	\$ 145.974
1.6.3	Registro de corte 3/4	UN	44	\$ 58.149	\$ 2.558.538
1.6.4	Registro de corte 1"	UN	4	\$ 120.000	\$ 480.000
1.6.5	Medidores Tavira 3/4"	UN	48	\$ 187.000	\$ 8.976.000
1.6.6	Válvula de pie de coladera D=3"	UN	2	\$ 219.240	\$ 438.480
1.	Equipo de bombeo				
1,3,1	Bombas de impulsión a tanque elevado Q= 3 lps ; Hd= 75 m; Funcionamiento alternado (2 bombas y un tablero)	UN	1	\$ 3.695.840	\$ 3.695.840
1,3,2	Equipo hidroneumático con dos bombas con motor trifásico de 4 HP (IHM20A-5TW o similar), en operación alternada. Incluye tanque de presión de 500 litros y control de arranque/parada a 20-40 psi	UN	1	\$ 6.443.800	\$ 6.443.800
1.6	Suministro de gas				
1.6.1	Tubería galvanizada 1/2	ML	33,2	\$ 11.154	\$ 370.325
1.6.3	Tubería galvanizada 3/4	ML	383,2	\$ 14.998	\$ 5.747.355
1.6.4	Accesorio				
1.6.5	codo 1/2	UN	19	\$ 1.344	\$ 25.529
1.6.7	codo 3/4	UN	29	\$ 2.393	\$ 69.383
1.6.8	TEE paso directo				
1.6.9	tee 1/2	UN	48	\$ 1.701	\$ 81.644
1.6.12	Uniones				
1.6.13	unión 1/2	UN	2	\$ 977	\$ 1.623
1.6.14	unión 3/4	UN	19	\$ 1.429	\$ 27.382
TOTAL					\$ 113.870.806

9.2 CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL.

El siguiente presupuesto mostrado en la tabla 30 corresponde al sistema de suministro de agua caliente central.

Tabla 30. Cantidades de obra y presupuesto (sistema de calefacción central)

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO DE DISEÑO HIDRÁULICO Y DE GAS PARA SISTEMA DE CALENTAMIENTO DE AGUA CENTRAL					
N	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANTIDAD	VR/ Unidad	VR/TOTAL
1	AGUA POTABLE				
1.1	Suministro Agua Fría				
	Tubería				
1.1.1	Diámetro = 1/2" PVC RDE 9	ML	1827,40	\$ 3.694	\$ 6.750.697
1.1.2	Diámetro = 3/4" PVC RDE 11	ML	246,8	\$ 5.156	\$ 1.272.440
1.1.3	Diámetro = 1" PVC RDE 13,5	ML	106,25	\$ 6.962	\$ 739.663
1.1.4	Diámetro = 2" PVC RDE 21	ML	15,5	\$ 17.482	\$ 270.964
1.1.5	Diámetro = 2.5" PVC RDE 21	ML	19,6	\$ 28.333	\$ 555.318
1.1.6	Diámetro = 3" PVC RDE 21	ML	15,75	\$ 37.829	\$ 595.813
1.1.7	Accesorios				
1.1.8	Unión = 1/2" PVC RDE 9	UN	91	\$ 892	\$ 81.530
1.1.9	Unión = 3/4" PVC RDE 11	UN	12	\$ 1.424	\$ 17.570
1.1.10	Unión = 1" PVC RDE 13,5	UN	5	\$ 2.791	\$ 14.826
1.1.11	Unión = 2" PVC RDE 21	UN	1	\$ 16.419	\$ 12.725
1.1.12	Unión = 2.5" PVC RDE 21	UN	1	\$ 47.289	\$ 46.343
1.1.13	Unión = 3" PVC RDE 21	UN	1	\$ 55.135	\$ 43.419
1.1.14	Codos				
1.1.15	Codo = 1/2" PVC RDE 9	UN	740	\$ 892	\$ 660.308
1.1.16	Codo = 3/4" PVC RDE 11	UN	252	\$ 1.424	\$ 358.809
1.1.17	Codo = 2" PVC RDE 21	UN	3	\$ 16.419	\$ 49.258
1.1.18	Tee				
1.1.19	Tee = 1/2" PVC RDE 9	UN	436	\$ 855	\$ 372.612
1.1.20	Tee = 3/4" PVC RDE 11	UN	16	\$ 1.440	\$ 23.040
1.1.21	Tee = 1" PVC RDE 13,5	UN	34	\$ 2.815	\$ 95.723
1.1.22	Tee = 2" PVC RDE 21	UN	2	\$ 15.210	\$ 30.420
1.2	Suministro Agua Caliente				
1.2.1	Diámetro = 2.5" CPVC RDE 11	ML	21,85	\$ 165.000	\$ 3.605.250
1.2.2	Diámetro = 2" CPVC RDE 11	ML	14,5	\$ 108.750	\$ 1.576.875
1.2.3	Diámetro = 1,25" CPVC RDE 12	ML	79,3	\$ 30.813	\$ 2.443.431
1.2.4	Diámetro = 1" CPVC RDE 12	ML	14,05	\$ 12.875	\$ 180.894
1.2.5	Diámetro = 1/2" CPVC RDE 11	ML	1367	\$ 4.625	\$ 6.322.375

1.2.6	Diámetro = 3/4" CPVC RDE 11	ML	441,95	\$ 7.625	\$ 3.369.869
1.2.7	Accesorios				
1.2.8	Unión = 1/2" CPVC RDE 9	UN	68	\$ 688	\$ 46.991
1.2.9	Unión = 3/4" CPVC RDE 11	UN	22	\$ 1.025	\$ 22.650
1.2.10	Unión = 1" CPVC RDE 13,5	UN	1	\$ 4.625	\$ 3.249
1.2.11	Unión = 2" CPVC RDE 21	UN	1	\$ 18.200	\$ 13.195
1.2.12	Unión = 2,5" CPVC RDE 21	UN	1	\$ 25.250	\$ 27.586
1.2.13	Codos				
1.2.14	Codo = 1/2" CPVC RDE 9	UN	280	\$ 1.000	\$ 280.000
1.2.15	Codo = 3/4" CPVC RDE 11	UN	268	\$ 1.750	\$ 469.000
1.2.16	Codo = 2,5" CPVC RDE 21	UN	3	\$ 91.106	\$ 273.319
1.2.17	Tee				
1.2.18	Tee = 1/2" CPVC RDE 9	UN	232	\$ 5.800	\$ 1.345.600
1.2.19	Tee = 3/4" CPVC RDE 11	UN	94	\$ 6.500	\$ 611.000
1.2.20	Tee = 1" CPVC RDE 13,5	UN	13	\$ 25.500	\$ 331.500
1.2.21	Tee = 2" CPVC RDE 21	UN	1	\$ 52.780	\$ 52.780
1.3	Sistema de calefacción				
1.3.1	Sistema de calefacción central con dos unidades de 13 lps y tanque de 700 litros cada una: incluye tuberías dentro de sala de máquinas, y bomba de recirculación con motor trifásico de 2HP	UN	1	\$ 25.000.000	\$ 25.000.000
1.4	Tubería Galvanizada Cuarto bombas				
1,4,1	Diámetro = 2"	ML	6	\$ 53.053	\$ 318.317
1,4,2	Diámetro = 3"	ML	2	\$ 55.832	\$ 111.665
1,4,3	Accesorios 2" (Codos 90° - Tee)	UN	6	\$ 27.297	\$ 163.785
1,4,4	Accesorios 3" (Codos 90° - Tee)	UN	2	\$ 77.411	\$ 154.822
1.5	Registros de paso directo red-white				
1.5.1	Diámetro = 1/2"	UN	292	\$ 9.144	\$ 2.669.994
1.5.2	Diámetro = 3/4"	UN	100	\$ 11.500	\$ 1.150.000
1.6	Cheques tipo cortina red-white				
1.6.1	Diámetro = 2"	UN	2	\$ 111.106	\$ 222.213
1.7	Suministro e instalación de:				
1.7.1	Válvula Flotador HELBERT D= 1."	UN	1	\$ 102.080	\$ 102.080
1.7.2	Válvula Flotador HELBERT D= 2"	UN	1	\$ 145.974	\$ 145.974
1.7.3	Registro de corte 3/4	UN	48	\$ 58.149	\$ 2.791.133
1.7.4	Medidores Tavira 1/2"	UN	88	\$ 77.000	\$ 6.776.000
1.7.5	Medidores Tavira 3/4"	UN	8	\$ 187.000	\$ 1.496.000

1.7.6	Válvula de pie de coladera D=3"	UN	2	\$ 219.240	\$ 438.480
1.7.7	Válvula reguladora de presión D=2,5"	UN	1	\$ 197.200	\$ 197.200
1.8	Equipo de bombeo				
1.8.1	Bombas de impulsión a tanque elevado Q= 3 lps ; Hd= 75 m; Funcionamiento alternado (2 bombas y un tablero)	UN	1	\$ 3.695.840	\$ 3.695.840
1.8.2	Equipo hidroneumático con dos bombas con motor trifásico de 4 HP (IHM20A-5TW o similar), en operación alternada. Incluye tanque de presión de 500 litros y control de arranque/parada a 20-40 psi	UN	1	\$ 6.443.800	\$ 6.443.800
1.9	Suministro de gas				
1.9.1	Tubería galvanizada 1/2	ML	409,8	\$ 11.154	\$ 4.571.059
1.9.2	Tubería galvanizada 1 1/4	ML	52,75	\$ 33.170	\$ 1.749.697
1.9.3	Accesorio				
1.9.4	codo 1/2	UN	48	\$ 1.344	\$ 64.494
1.9.5	codo 1 1/4	UN	3	\$ 3.709	\$ 11.128
1.9.6	Uniones				
1.9.7	unión ½	UN	20	\$ 977	\$ 20.027
1.9.8	unión 1 ¼	UN	3	\$ 1.585	\$ 4.180
TOTAL					\$ 91.264.931

10. ANALISIS DE RESULTADOS

En el sistema de calentamiento de agua individual fue necesario la instalación de medidores de diámetro $\frac{3}{4}$ " para agua fría, ya que este permite que las pérdidas sean menores en comparación con un medidor de mayor diámetro y que el agua llegue al aparato crítico con la presión adecuada. Gracias a esto se logra una similitud en las presiones de agua fría y caliente. A diferencia del sistema de calentamiento de agua central, en el cual se logra instalar medidores de $\frac{1}{2}$ " en todos los apartamentos comprendidos hasta el piso 11. En los apartamentos del piso 12 (Pent-House) se utilizaron medidores de $\frac{3}{4}$ " para agua fría y caliente con el fin de igualar presiones.

Para el diseño hidráulico de agua caliente del edificio; teniendo en cuenta que su funcionamiento es por medio de calentadores individuales, fue necesario jugar con los diámetros de las tuberías que llegan a los aparatos críticos, buscando una similitud de presiones en la red de agua fría y caliente ya que esta es la prioridad en el diseño.

La norma 1500 habla de presiones máximas; estas no pueden superar los 80 Psi (56mca). En el diseño hidráulico con sistema de calentamiento de agua central, situándonos en las bajantes de agua fría y caliente, por normatividad no era necesaria la instalación de válvulas reguladoras de presión. Sin embargo para igualar y reducir presiones en aparatos críticos, se optó por utilizar una válvula reguladora en la bajante de agua caliente entre el piso 10 y 9.

Se logra mayor similitud en las presiones de agua fría y caliente en los apartamentos abastecidos por gravedad y por el sistema hidroneumático teniendo en cuenta, que el edificio funciona con un sistema de calentamiento de agua central.

Para las redes de suministro de gas del sistema de calentamiento de agua individual, se utilizaron tramos de diferentes diámetros con el fin de reducir costos, sin dejar de cumplir con las presiones mínimas requeridas. A diferencia del sistema de calentamiento de agua central en el cual se utilizó solo un diámetro de tubería para la red que abastece a los apartamentos.

La diferencia de presupuestos entre los dos sistemas es de \$ 22.605.875 (12.5%). Lo que reitera el beneficio económico que presta el sistema de calentamiento de agua central, suponiendo que el edificio está localizado en el estrato socio – económico cuatro y que cada apartamento tiene un valor de \$180.000.000 el ahorro utilizando el sistema de calentamiento de agua central será de aproximadamente \$470.000.

11. CONCLUSIONES

Siguiendo la metodología utilizada durante el desarrollo del proyecto de grado, del resultado de la comparación de presupuestos entre los dos sistemas de calentamiento de agua (individual y central), se obtuvo que el sistema de calentamiento de agua central es más económico en cuanto a materiales e instalación.

Además de la clara ventaja económica que brinda la instalación de un sistema de calentamiento de agua central en edificaciones, los beneficios prestados por este sistema en cuanto a seguridad y comodidad para el usuario, ratifica su implementación. Algunos de estos beneficios son: la eliminación de gases; monóxido de carbono en el interior del inmueble, mejor utilización del espacio, eliminación de ventilaciones y ductos de ventilación, disponibilidad inmediata (24) horas de agua caliente, entre otros, además con la implementación de este sistema cualquier proyecto tendrá mayor auge en sus ventas y será más atractivo para los posibles compradores.

El sistema de calentamiento de agua central le proporciona al usuario un ajustado balance de presiones entre las redes de agua fría y de agua caliente, la disponibilidad de agua caliente casi de forma inmediata, y un servicio satisfactorio en el momento de ser exigidas las tres duchas para agua caliente. Además la implementación de este sistema en los hogares de Bucaramanga ayudará a evitar desperdicios de un elemento tan importante, por la espera de la llegada del agua caliente al punto de servicio.

Al ser demostradas la ventajas económicas del sistema de calentamiento de agua central y conociendo sus beneficios, la mejor decisión que cualquier persona o empresa debe tomar sobre cual de los dos sistemas de calentamiento de agua implementará es el sistema de calentamiento de agua central, porque gracias a este sistema se disminuirá el índice de personas contaminadas por emisiones de gas (monóxido de carbono), así como accidentes en el momento del encendido debidos a fugas de gas, apagado del piloto por corrientes de aire, etc. Que ocurren en el interior de las viviendas y que por año causan al menos una muerte.

12. RECOMENDACIONES

Es importante tener en cuenta durante la elaboración del diseño hidráulico, que las presiones de agua fría y caliente en los aparatos críticos sean similares para así garantizar un excelente servicio al usuario.

Es recomendable utilizar para el sistema de abastecimiento de agua caliente individual calentadores con capacidad de 10lpm y no de 5lpm, ya que el calentador de 10lpm garantizará que el usuario disponga de agua caliente en al menos dos aparatos, si estos son utilizados simultáneamente.

Para el sistema de calentamiento de agua individual, es recomendable la instalación de chimeneas para el calentador, y así evitar posibles emisiones de monóxido de carbono dentro de la vivienda.

Si durante el diseño de las redes hidráulicas, las presiones en las bajantes (fría o caliente) superan las presiones máximas establecidas por la NTC 1500 (56mca), se hace necesario la instalación de válvulas reguladoras que disminuyen la presión aguas abajo. Se recomienda chequear la tubería de recirculación, para cerciorarse que el agua caliente se alcance a succionar por la bomba de recirculación, evitando que la temperatura del agua disminuya.

La instalación de registros de paso, en baños y cocina facilitara el corte de agua para la zona, en el momento de un imprevisto.

Se recomienda que la tubería ubicada en el cuarto de maquinas sea galvanizada, para evitar daños en el momento de la manipulación y mantenimiento de los equipos.

Es prudente que el trazado de la redes de distribución sea en zonas de fácil acceso, ya que si se presenta un daño en la tubería sea sencilla su reparación, sin tener que involucrar muros y muebles.

Los calentadores individuales se deben localizar en un lugar ventilado. Es recomendable que estén cerca de un buitrón para que así se pueda ubicar con facilidad la chimenea que desprende de ellos, eliminando los gases tóxicos a través de la misma y evitando la contaminación a los usuarios.

Se recomienda, por seguridad y calidad la implementación del sistema de calentamiento de agua central en todos lo proyectos que así lo requieran, por sus múltiples beneficios y ventajas económicas, además Bucaramanga es una ciudad en progreso que necesita brindarles a sus habitantes un hogar seguro y cómodo.

13. BIBLIOGRAFÍA

DONINELLI, Mario. Impianti Idrosanitari. s.l.: Quaderni Caleffi, s.f. 163p

PÉREZ CARMONA, Rafael. Agua, desagües y gas para edificaciones diseño y construcción, quinta edición. Santa fe de Bogotá, D.C.: ECOE, 1997. p. 9 – 66 - 67 – 83 – 372.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Código Colombiano de Fontanería. Bogota: ICONTEC (NTC 1500).

VEN TE CHOW, MAIDENT, David r, y MAYS, Larry y w. Hidrología aplicada. Santa fe de Bogotá D.C.: Mc graw – hill, 1995. p. 38.

SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS C.A. Manual de procedimiento para el calculo y selección de sistema de bombeo. Venezuela: s.n. s.f. 107p.

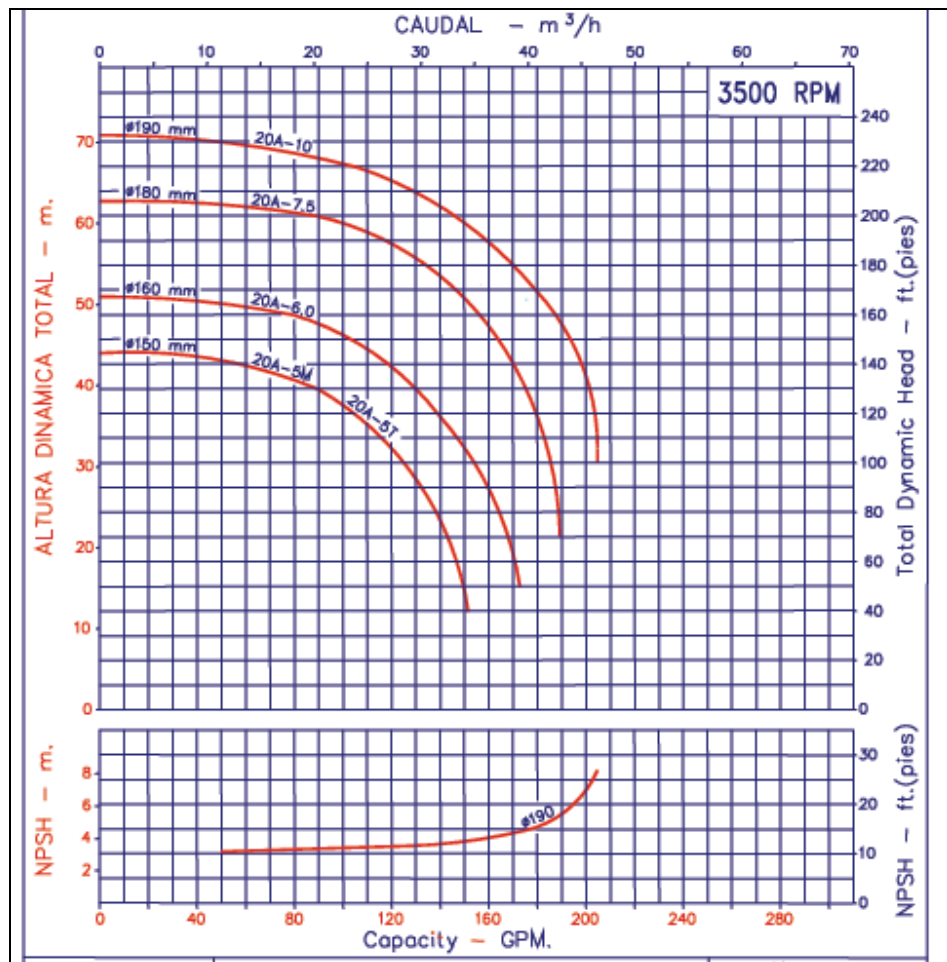
CURSO DE HIDRAÚLICA APLICADA. ROJAS PALACIOS HERNAN. Bombas a la mano: manual técnico para estudiantes, 2006. 82p.

ANEXOS

ANEXO A

BOMBA A SISTEMA HIDRONEUMÁTICO.

Caudal del sistema	4,27 lps
Rango de presión	20-40 psi
Potencia de la bomba	3 HP
Potencia del motor	4 HP
Energía	Trifásica
Número de bombas	Dos (2) – funcionan alternadas
Tanque de presión	500 litros
Equipo recomendado	Pré-fabricado IHM 20A – 5TW – L500H



ANEXO B

BOMBA SISTEMA TANQUE BAJO A TANQUE ALTO

Caudal	3.1 lps (11.16 m3/hora)
Altura dinámica	55 metros (114 psi)
Potencia teórica de la bomba	4 HP
Potencia del motor	5 HP
Energía	Trifásica
Tipo de bomba	Centrifuga
Número de bombas	Dos (2) (funcionamiento alterno)
Alternativa comercial 1	Hidromac Línea AZ 40 -200 ^a 1 ^{1/2} x 2 x 9 ^a
NPSH disponible	6.47 metros
NPSH requerida	< 3 metros

ANEXO C

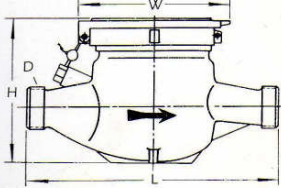
DOCUMENTACION DE MEDIDORES TAVIRA

Diámetros óptimos de medidores

Diámetro del medidor (")	Caudal máximo (lps)
1/2	0.25
3/4	0.42
1	0.58
1.25	0.83
1.5	1.66
2	4.16
2.5	6.95
3	10.55
4	16.67
5	25.8
6	37.5

Fuente: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga

Caudales nominales de acuerdo al diámetro de tubería.



ESPECIFICACIONES DE LOS MEDIDORES - PERFORMANCE

Numero del Modelo		PM-15 3m ³	PM-15L 3m ³	PM-20 5m ³	PM-25 7m ³	PM-32 12m ³	PM-40 20m ³	PM-50 20m ³	PM-50CI 20m ³
Tamaño del Medidor	mm (Inches)	15 (1/2)	15 (1/2)	20 (3/4)	25 (1)	32 (1 1/4)	40 (1 1/2)	50 (2)	50 (2)
Flujo Máximo (Qmax)	m ³ /h (gpm)	3 (13)	3 (13)	5 (22)	7 (30)	12 (53)	20 (88)	30 (132)	30 (132)
Flujo Nominal (Qn)	m ³ /h (gpm)	1.5 (7)	1.5 (7)	2.5 (11)	3.5 (15)	6 (27)	10 (44)	15 (66)	15 (66)
Flujo de Transición (Qt)	l/h (gpm)	120 (.5)	120 (.5)	200 (.8)	280 (1.2)	480 (2.1)	800 (3.5)	1200 (5.3)	1200 (5.3)
Flujo Mínimo (Qmin)	l/h (gpm)	30 (.13)	30 (.13)	50 (.22)	70 (.30)	120 (.53)	200 (.88)	300 (1.3)	300 (1.3)
Flujo Inicial	l/h (gpm)	12 (.05)	12 (.05)	16 (.07)	20 (.09)	30 (.13)	50 (.22)	80 (.35)	80 (.35)
Lectura Mínima	l (gal)	0.1 (.01)	0.1 (.01)	0.1 (.01)	0.1 (.01)	0.1 (.01)	0.1 (.01)	.1 (.01)	.1 (.01)
Lectura Máxima	m ³	99,999	99,999	99,999	99,999	99,999	99,999	99,999	99,999
	(gal)	(999,999)	(999,999)	(999,999)	(999,999)	(999,999)	(999,999)	(999,999)	(999,999)

ANEXO D

NORMA NTC 1500 (CÓDIGO COLOMBIANO DE FONTANERIA)

6.7 VÁLVULAS DE PRESIÓN DE AGUA, REGULADORES DE PRESIÓN, VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

6.7.1 Presión mínima de servicio. Cuando la fuente de abastecimiento de una edificación no sea capaz de satisfacer los requisitos mínimos de los accesorios descritos en la Tabla 7, se deben diseñar, instalar y construir los equipos y obras necesarios para subsanar tal deficiencia.

6.7.2 La presión de agua en la red de distribución no debe exceder los 550 kPa. Donde se superen estos valores se deben instalar dispositivos reductores de presión. Donde sea necesaria una mayor presión de servicio se debe disponer de dispositivos reforzadores de presión para ese caso específico.

30pa

6.6 TANQUES DE RESERVA DE AGUA POTABLE

6.6.1 Toda edificación debe disponer de tanques de reserva de agua potable.

6.6.2 El volumen útil del tanque de reserva debe garantizar por lo menos el abastecimiento de agua para un día de servicio.

6.6.3 El volumen de reserva se establecerá con base a la población atendida y el consumo promedio diario estimado establecido en la Tabla 6.

6.6.4 La acometida del tanque se debe calcular para un tiempo de llenado no mayor a 12 h.

La velocidad máxima de diseño debe ser de 2m/s para tubería de diámetro inferior a 76.2mm.

ANEXO E

SUMINISTRO UNIDADES DE HUNTER

Tabla 1.4
Unidades de suministro

Aparatos	Público			Privado		
	Fría	Caliente	Total	Fría	Caliente	Total
Ducha o tina	2.00	2.00	3.00	1.50	1.50	2.00
Bidé o lavamanos				0.75	0.75	1.00
Lavaplatos				1.50	1.50	2.00
Lavaplate eléctrico				2.00	2.00	3.00
Lavadora	3.00	3.00	5.00	2.00		3.00
Inodoro con Fluxometro	10.00		10.00	6.00		6.00
Inodoro de tanque	5.00		5.00	3.00		3.00
Orinal de fluxometro	10.00		10.00			
Orinal de tanque	3.00		3.00			
Lavamanos de llave	2.00		2.00			
Fregadero uso oficial	4.00		4.00	1.0		1.0

ANEXO F

PLANOS ARQUITECTÓNICOS DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE AGUA CALIENTE INDIVIDUAL.

Plano 1: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente individual planta piso tipo.](#)

Plano 2: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente individual planta primer piso Pent – House.](#)

Plano 3: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente individual planta segundo piso Pent – House.](#)

Plano 4: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente individual alzado general,](#)

PLANOS ARQUITECTÓNICOS DISEÑO HIDRÁULICO SISTEMA DE AGUA CALIENTE CENTRAL

Plano 1: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente central planta piso tipo.](#)

Plano 2: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente central planta primer piso pent – house](#)

Plano 3: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente central planta segundo piso pent – house.](#)

Plano 4: [Diseño hidráulico sistema de agua caliente central alzado general.](#)

PLANOS ARQUITECTÓNICOS DISEÑO REDES DE GAS SISTEMA INDIVIDUAL

Plano 1: [Diseño de gas sistema individual planta piso tipo.](#)

Plano 2: [Diseño de gas sistema individual alzado general.](#)

PLANOS ARQUITECTÓNICOS DISEÑO REDES DE GAS SISTEMA CENTRAL

Plano 1: [Diseño de gas sistema central planta tipo piso.](#)

Plano 2: [Diseño de gas sistema central alzado general.](#)