

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROYECTO INMOBILIARIO DE VIVIENDA  
“RESIDENCIAL PRADO ALTO”**

**ABASTECIMIENTO DE AGUA MEDIANTE EL SISTEMA  
INDIRECTO**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**CARLOS ROLANDO GUTIÉRREZ RAMOS**

**Lima- Perú**

**2008**

**Dedicatoria:**

Dedico este trabajo a Carlos y Hortencia, mis queridos padres,  
quienes con su esfuerzo y apoyo incondicional hicieron  
posible mi realización profesional

## RESUMEN

Las Redes de Distribución de Agua forman parte de las Instalaciones Sanitarias las cuales a su vez son solo una parte del desarrollo de todo un Proyecto Inmobiliario. El siguiente Informe de Suficiencia se enfoca en el diseño de los diferentes elementos que conforman un sistema indirecto de distribución de agua para una edificación multifamiliar.

El Capítulo Primero muestra a modo de resumen las características principales del Proyecto Inmobiliario Residencial Prado Alto, desde el Estudio de Mercado, la Arquitectura, consideraciones Estructurales y diseño de Instalaciones Eléctricas y Sanitarias.

A continuación el Capítulo Segundo define brevemente el fundamento teórico necesario para entender y hacer seguimiento de los cálculos realizados en el desarrollo del proyecto, también se menciona en forma breve los diferentes tipos de sistemas de abastecimiento, tomando al sistema indirecto como modelo y numerando sus partes. Finalmente se desarrollan definiciones básicas que nos servirá para luego calcular los diámetros de la red de distribución.

Finalmente el Capítulo Tercero desarrolla la aplicación práctica en el Proyecto Inmobiliario de Vivienda "Residencial Prado Alto" mostrando los cálculos realizados en cuadros resúmenes y en Planos anexados.

## LISTA DE CUADROS

	Página
<b>Capítulo 1</b>	
Cuadro N° 1.1 - Resumen de Niveles y Departamentos de Bloques de la Residencial Prado Alto	13
<b>Capítulo 2</b>	
Cuadro N° 2.1 - Dotación de Agua Fría en Viviendas Multifamiliares	36
Cuadro N° 2.2 - Unidades de Gasto para el Cálculo de Tuberías de Distribución de Agua en Edificios.	37
Cuadro N° 2.3 - Velocidades Máximas de Acuerdo al Diámetro en Tuberías de Distribución de Agua	39
Cuadro N° 2.4 - Coeficientes de Fricción según Material de Tubería	40
Cuadro N° 2.5 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo Radio Largo 90°	41
Cuadro N° 2.6 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo Radio Medio 90°	41
Cuadro N° 2.7 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo Radio Corto 90°	42
Cuadro N° 2.8 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo de 45°	42
Cuadro N° 2.9 - Longitudes Equivalentes (m) de Curva 90° R/D = 1 ½	43
Cuadro N° 2.10 - Longitudes Equivalentes (m) de Curva 90° R/D = 1	43
Cuadro N° 2.11 - Longitudes Equivalentes (m) de Curva 45°	44
Cuadro N° 2.12 - Longitudes Equivalentes (m) de Entrada Normal	44
Cuadro N° 2.13 - Longitudes Equivalentes (m) de Entrada de Borda	45
Cuadro N° 2.14 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Compuerta Abierta	45
Cuadro N° 2.15 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Globo Abierta	46
Cuadro N° 2.16 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Ángulo Abierta	46
Cuadro N° 2.17 - Longitudes Equivalentes (m) de Tee Paso Directo Normal	47
Cuadro N° 2.18 - Longitudes Equivalentes (m) de Tee Paso de Lado y Salida Bilateral	47

Cuadro N° 2.19 - Longitudes Equivalentes (m) de Tee Paso	48
Directo con Reducción	
Cuadro N° 2.20 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Pie	48
con Coladera	
Cuadro N° 2.21 - Longitudes Equivalentes (m) de Salida de Tubería	49
Cuadro N° 2.22 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de	49
Retención tipo Liviano	
Cuadro N° 2.23 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de	50
Retención tipo Pesado	
Cuadro N° 2.24 - Longitudes Equivalentes (m) de Reducción	50
Cuadro N° 2.25 - Longitudes Equivalentes (m) de Ampliación	51
Cuadro N° 2.26 - Presiones Recomendadas en Aparatos Sanitarios	52
<b>Capítulo 3</b>	
Cuadro N° 3.1 - Cálculo de Dotación Diaria	54
Cuadro N° 3.2 - Unidades de Gastos en Torre Beta	56
Cuadro N° 3.3 - Gastos Probables para Aplicación del Método Hunter	57
Cuadro N° 3.4 - Diámetro de Tubería de Impulsión	59
Cuadro N° 3.5 - Especificaciones Técnicas de Bomba -Torre Beta	60
Cuadro N° 3.6 - Diámetros de Tubería de Rebose	60
Cuadro N° 3.7 - Pérdidas de Carga según el Ábaco de Medidores	61
Cuadro N° 3.8 - Resumen de Pérdidas de Carga y Diámetros en	65
Alimentador de Distribución I	
Cuadro N° 3.9 - Resumen de Pérdidas de Carga y Diámetros en	66
Alimentador de Distribución II	
Cuadro N° 3.10 - Resumen de Pérdidas de Carga y Diámetros para	67
el Punto de Consumo más Desfavorable	
Cuadro N° 3.11 - Resumen de Pérdidas de Carga para la Red de	68
Agua Caliente	

## LISTA DE FIGURAS

	Página
<b>Capítulo 1</b>	
Figura N° 1.1 - Vista Aérea del Terreno	10
Figura N° 1.2 - Terreno Cercado con Acceso por la Av. Tomás Valle	11
Figura N° 1.3 - Distribución de Áreas de la Residencial Prado Alto	12
Figura N° 1.4 - Bloques con Alturas y Número de Piso	13
Figura N° 1.5 - Plano de Zonificación de Los Olivos (Ubicación del Terreno del Proyecto)	14
<b>Capítulo 2</b>	
Figura N° 2.1 - Esquema de Sistema Directo	23
Figura N° 2.2 - Esquema de Sistema Indirecto (Tanque Elevado y Alimentación por gravedad)	24
Figura N° 2.3 - Esquema de Sistema Indirecto (Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Hidroneumático)	25
Figura N° 2.4 - Esquema de Sistema Indirecto (Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Elevado)	26
Figura N° 2.5 - Esquema de Sistema Mixto	27
Figura N° 2.6 - Esquema de Otros Sistemas Mixtos para Edificios De gran altura	28
Figura N° 2.7 - Medidor Volumétrico de Velocidad	29
Figura N° 2.8 - Tipos de Medidores de Caudal	30
Figura N° 2.9 - Gráfico de Electrobomba	33
Figura N° 2.10 - Gráfico de Motobomba	33
Figura N° 2.11 - Gráfico de Bomba a Vapor	33
<b>Capítulo 3</b>	
Figura N° 3.1 - Esquema de Diámetro de Alimentadores y Unidades de Gasto	64

## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

ml.	: Metros Lineales
m <sup>2</sup>	: Metros Cuadrados
m <sup>3</sup>	: Metros Cúbicos
cm	: Centímetros
Pulg.	: Pulgadas
m.c.a.	: Metros de Columna de Agua
lib/pulg <sup>2</sup>	: Libras por Pulgada Cuadrada
kg/m <sup>2</sup>	: Kilogramos por Metro Cuadrado
m/s	: Metros por Segundo
l/día	: Litros por Día
S máx.	: Gradiente Hidráulico Máximo
l/s	: Litros por Segundo
U.H.	: Unidades Hunter
M.D.S.	: Máxima Demanda Simultánea
Q <sub>LL</sub>	: Caudal de Llenado
G.P.M.	: Galones por Minuto
Q <sub>b</sub>	: Caudal de Bombeo
H <sub>s</sub>	: Altura de Succión
H <sub>i</sub>	: Altura de Impulsión
H <sub>f si</sub>	: Pérdida de Cargas por Succión e Impulsión
Pr	: Presión de Red
Ps	: Presión de Servicio
ADT	: Altura Dinámica Total
n	: Eficiencia del Equipo de Bombeo

	Página
<b>Resumen</b>	3
Lista de Cuadros	4
Lista de Figuras	6
Lista de Símbolos y Siglas	7
<b>Introducción</b>	9
<b>Capítulo I: Resumen Ejecutivo del Proyecto Integrador</b>	
1.1 Aspecto Generales	10
1.2 Estudio de Mercado	11
1.3 Arquitectura	12
1.4 Estructuras	15
1.5 Instalaciones Eléctricas	17
1.6 Instalaciones Sanitarias	19
<b>Capítulo II: Generalidades</b>	
2.1 Fundamento Teórico	22
2.2 Sistemas de Abastecimiento de Agua	22
2.3 Sistema Indirecto - Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Elevado	29
2.4 Principios Básicos del Diseño de una Red de Distribución de Agua	36
<b>Capítulo III: Aplicación Práctica – Diseño de Sistema de Abastecimiento de Agua</b>	
3.1 Dotación Diaria	54
3.2 Almacenamiento	55
3.3 Máxima Demanda Simultánea	56
3.4 Equipos de Bombeo	58
3.5 Otros Cálculos Complementarios	60
3.6 Diseño de Red de Distribución	62
<b>Conclusiones</b>	69
<b>Recomendaciones</b>	70
<b>Bibliografía</b>	71
<b>Anexos</b>	72



## INTRODUCCION

El presente Informe de Suficiencia ha sido elaborado con la asesoría de profesores universitarios y profesionales externos que no dudaron en brindar su apoyo incondicional para el desarrollo del proyecto.

El motivo principal de la realización de este Informe de Suficiencia es la obtención del Título Profesional, objetivo de vida trazado hace algunos años y por el cual vengo realizando mi mayor esfuerzo asimilando al máximo las enseñanzas de los profesores de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería, Alma Mater de la Ingeniería en el Perú.

El objetivo del Informe de Suficiencia es diseñar la Red Distribución de Agua del Proyecto Inmobiliario Residencial Prado Alto en concordancia con las normas establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones cumpliendo con parámetros que garanticen la cantidad y calidad de agua en los diversos puntos de consumo de la edificación y a su vez teniendo en cuenta la arquitectura y el diseño estructural del proyecto.

## CAPITULO 1: RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO INTEGRADOR

### 1.1 Aspectos Generales

El proyecto arquitectónico del Residencial Prado Alto se encuentra ubicado en la intersección de las avenidas Tomás Valle y Beta, frente a la Av. San Germán, Urb. El Trebol III Etapa, Distrito de los Olivos. El terreno cuenta con 2,715.99 m<sup>2</sup> de área y 214, 369 m de perímetro, se encuentra cercado a lo largo de todo su perímetro y tiene un solo acceso provisional en el frontis que da a la Av. Tomás Valle, dicho cerco será demolido ni bien inicien los trabajos correspondientes a movimientos de tierra.

Figura N° 1.1 - Vista Aérea del Terreno



Los linderos limítrofes del terreno son: por el frente la Av. Tomas Valle en una línea recta que mide 47.82 ml., por la derecha la Av. Beta en una línea

ligeramente curva que mide 61.48 ml., por la izquierda con propiedad de terceros, en una línea recta de 52.69 ml. y por el fondo el Jr. Tomás Catari en una línea recta de 52.40 ml.

**Figura Nº 1.2 - Terreno Cercado con Acceso por la Av. Tomás Valle**



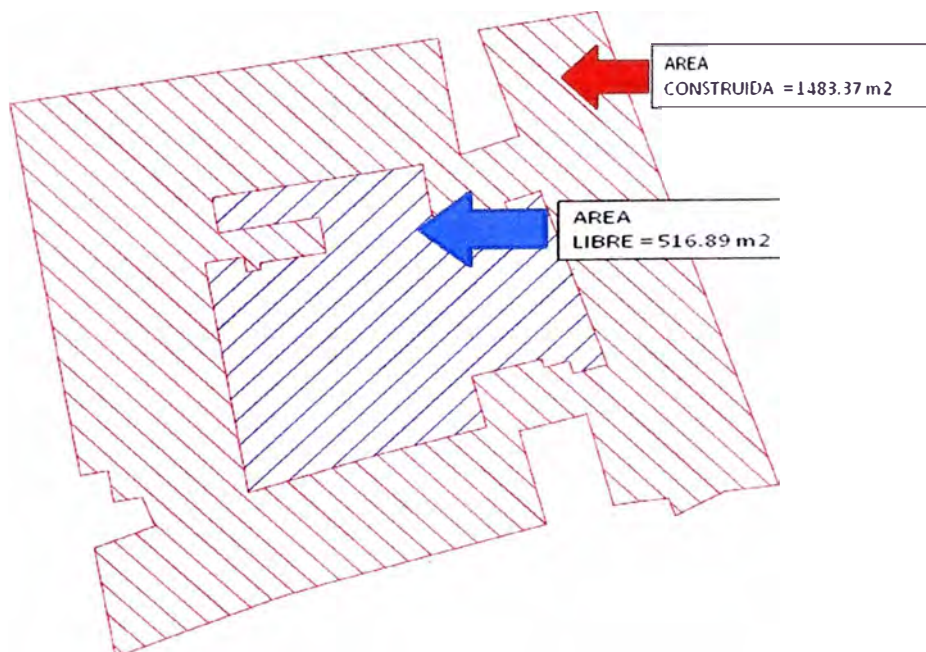
## 1.2 Estudio de Mercado

El estudio de mercado sirve para tener una noción clara de la cantidad de consumidores que podrían adquirir los bienes o servicios que se desean vender, dentro de un espacio definido y en un periodo de mediano plazo, así como saber cuál es el precio que el cliente está dispuesto a pagar para obtener el Inmueble materia de estudio. El estudio de mercado indicará dichos aspectos como también el confort de los futuros beneficiarios así como las características de las viviendas corresponden a las que desea comprar. Además, nos dirá qué tipo de clientes son los interesados en el producto; y finalmente, nos dará información acerca del precio apropiado para colocar cada departamento y competir en el mercado, o bien imponer un nuevo precio por alguna razón justificada.

### 1.3 Arquitectura

El proyecto consta de 93 departamentos lo cuales cuentan con un mínimo de 90 m<sup>2</sup> de área techada neta, cuentan en su distribución con cocina, lavandería, sala comedor, un pasadizo de distribución, 2 dormitorios, estudio, 2 baños completos y uno de servicio. También se proyectó 63 estacionamientos distribuidos en el sótano a dos desniveles. Se consideró una zona comercial con 16 tiendas con servicios incluidos para uso comercial ubicados en la Av. Tomás Valle. Para con 16 estacionamientos ubicados en la zona comercial para visitantes. En el sótano se ha considerado 4 depósitos de basura para el almacenamiento y recolección temporal de los desechos del edificio. En la zona social tenemos una sala de usos múltiples (SUM) para realizar reunión de propietarios, cumpleaños, entre otros. En la zona central interior de la residencial contamos con una área verde de 516.89 m<sup>2</sup>.

**Figura N° 1.3 - Distribución de Áreas de la Residencial Prado Alto**



La residencial consta de 3 bloques: Torre Tomás Valle el cual consta de 12 pisos con 44 departamentos y ascensor. La torre Beta consta de 10 pisos con un número de 30 departamentos y un ascensor. La torre Catari es la más baja con solo 5 pisos y 19 departamentos. Exteriormente el edificio presenta una volumetría sencilla y singular; en donde se muestra con elegancia el sistema

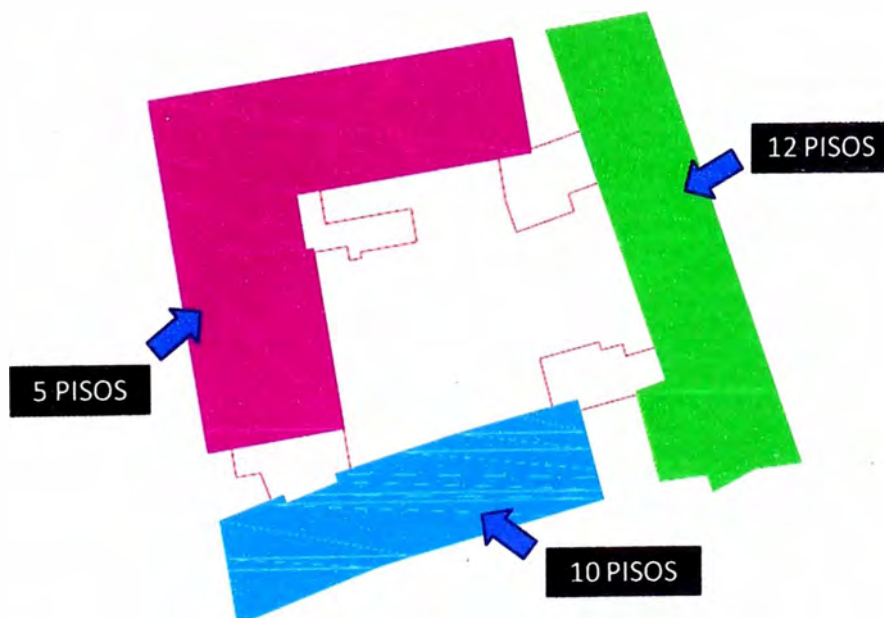
estructural, siendo protagonistas de este hecho las losas que se separan de la fachada y configuran el aspecto horizontal de la misma.

**Cuadro N° 1.1 – Resumen de Niveles y Departamentos de Bloques de la Residencial Prado Alto**

Nombre	Niveles	Departamentos	Ascensor
Torre Tomas Valle	12	44	si
Torre Beta	10	29	si
Torre Catari	5	24	no
total		97	

El Anteproyecto de este edificio multifamiliar se ajusta a las ordenanzas vigentes en las que especifican que al existir una construcción de mayor altura colindante con el terreno en el que se desarrolla el anteproyecto, se permite alcanzar como máximo la misma altura o el promedio de esta altura y la normada por el Certificado de Parámetros correspondiente.

**Figura N° 1.4 - Bloque con Alturas y Número de Piso**





#### 1.4. Estructuras

En el análisis estructural se ha considerado pórticos y muros de corte de concreto haciendo de éste un sistema dual para el diseño estructural. El edificio está conformado por muros de 20 y 25 cm. distribuidos en planta como se puede observar en la figura siguiente, el sistema de techo consiste en losas aligeradas de 25 cm. de espesor, vigas de 25x70 y 25x40, además de vigas chatas. Para el modelamiento se ha desarrollado un modelo matemático correspondiente al Edificio "Torre Beta". En dicho modelo los elementos viga y columna han sido modelados con elementos tipo barra, mientras que los muros de concreto armado han sido modelados con elementos tipo membrana. Las cargas consideradas han sido las estipuladas en el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú, considerándose para la carga muerta el peso de los elementos estructurales con su respectiva densidad, 100 kg/m<sup>2</sup> de tabiquería móvil, 100 kg/m<sup>2</sup> de acabados; y para las sobrecargas se consideró 200 kg/m<sup>2</sup> en las áreas correspondientes a los departamentos, y una sobrecarga de 100 kg/m<sup>2</sup> en la azotea. Para los corredores o pasadizos se consideró 200 kg/m<sup>2</sup>. Los alféizares y otros muros cortos se han considerado en la carga muerta. La resistencia del concreto ( $f'c$ ) considerado en el análisis de esta edificación es 280 kg/cm<sup>2</sup>, y el esfuerzo de fluencia ( $f_y$ ) del acero es 4,200 kg/cm<sup>2</sup>

Las masas consideradas en este análisis responden a lo especificado en la norma de Diseño Sismorresistente E-030 y en la norma de Cargas E-020 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Se incluyeron las masas de las losas, vigas, columnas, tabiquería, acabados de piso y techo y 25% de la sobrecarga o carga viva en la losa de todos los pisos y en la azotea. La masa total asociada a los niveles de piso resultó ser de 332.90 t-s<sup>2</sup>/m para el Edificio "Torre Beta". El edificio tiene excentricidades menores al 5 % en la dirección X, y mayores a ese valor en la dirección Y, lo que es estipulado por la norma sísmica como irregularidad accidental.

El periodo fundamental del edificio es 1.088 s, con un factor de participación de masa asociado en la dirección X de 56.84%. El 2do modo de vibración es traslacional (eje Y), tiene un periodo de 0.885 s y con un factor de participación de masa asociado en la dirección Y de 62.56%. El tercer modo de vibración tiene un periodo de 0.660 s, con una masa rotacional asociada de 58.22%.

La verificación de la capacidad de los elementos de concreto armado se basó en un procedimiento de cargas factoradas, conforme a la Norma Técnica de Edificación E-060 "Concreto Armado" del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

- $1.5 D + 1.8 L$
- $1.25 D + 1.25 L \pm 1.00 (S_x \text{ o } S_y)$
- $0.9 D \pm 1.00 (S_x \text{ o } S_y)$

donde:

D Carga muerta

L Carga viva.

$S_x, S_y$ : Sismo en las direcciones X e Y respectivamente.

Empleando las expresiones de la norma E030 para el análisis sísmico con fuerzas estáticas equivalentes, tanto en la dirección X como en la dirección en Y, se obtuvo 2858.27 ton. También se halló el cortante estático en la base en toneladas resultó en 'X' igual a 211.45 toneladas y en 'Y' igual a 262.13 toneladas. Al efectuar el análisis dinámico por superposición modal espectral, se obtuvieron cortantes en la base de 173.39 Ton en la dirección X y de 204.87 Ton en la dirección Y. Los cortantes dinámicos deben ser mayores que el 90% del cortante obtenido con las fórmulas de análisis estático (estructura irregular). Este último requerimiento de la norma no se cumple por lo cual se deben multiplicar las fuerzas de diseño por un factor de amplificación dinámica en ambas direcciones. Para este caso:  $211.45 / 173.39 = 1.22$  en la dirección X; y  $262.138 / 204.87 = 1.28$  en la dirección Y.

Para la medición de desplazamiento y distorsiones se tomó como límite para las distorsiones un 0.7% para estructuras de concreto armado. De esta forma se observó que para cada piso en ninguno de sus niveles se excede el límite establecido en la norma para estructuras de concreto armado.



## 1.5 Instalaciones Eléctricas

Para las instalaciones eléctricas se consideró trámites ante EDELNOR S.A.A. para solicitar los suministros eléctricos para los departamentos y cargas de servicios generales.

- Suministro e instalación de materiales para la ejecución del nicho del banco de medidores.
- Suministro e instalación de materiales para la ejecución del pozo de tierra de protección; así como el conexionado con el banco de medidores del Edificio Multifamiliar.
- Suministro e instalación de materiales para la ejecución de los alimentadores eléctricos de cada uno de los tableros de departamentos y tablero de servicios generales.
- Suministro e instalación de los tableros proyectados.
- Suministro e instalación de materiales para la ejecución de las salidas de alumbrado, tomacorrientes, etc. indicadas en los planos.
- Suministro e instalación de las salidas para las bombas de agua potable y sus respectivos controles de nivel.
- Suministro e instalación de materiales para la ejecución de las diversas salidas de los sistemas de comunicaciones (teléfonos externos, televisión por cable, teléfono portero, etc.).
- Suministro e instalación de materiales para la ejecución de las diversas montantes proyectadas.
- Pruebas del sistema eléctrico y de comunicaciones.

Se ha previsto solicitar a EDELNOR S.A.A. un presupuesto por la dotación de los siguientes suministros:

Para el presente proyecto se consideró 29 suministros trifásicos para cada una de los departamentos con una carga a contratar de 12 kw. a la tensión de 220 V, 60 Hz. Un suministro trifásico con una carga a contratar de 22 Kw para las cargas de servicios generales (TSG). Un suministro trifásico con una carga a contratar de 22 Kw para las cargas de Bombas Contra Incendio generales (STBCI). Desde cada una de las cajas portamedidores a ser instaladas por EDELNOR S.A.A., se ha previsto el tender los cables alimentadores del tipo THW (fases) y TW (tierra), hasta llegar a cada uno de los tableros de distribución de los niveles del edificio. Los Tableros de distribución estarán

constituidos por un gabinete metálico, con puerta, cerradura, barras de cobre e interruptores automáticos del tipo termomagnético, interruptores diferenciales, contactores electromagnéticos, interruptores horarios, etc. Los tableros tienen la función de servir como medio de maniobra y protección de los alimentadores y los circuitos derivados que se tienen en el edificio. Desde cada uno de los tableros proyectados, se ha previsto la instalación de los diferentes circuitos derivados de alumbrado, tomacorrientes, etc., los cuales estarán constituidos por tuberías de plástico pesado, alambres del tipo TW y accesorios diversos y se instalarán en forma empotrada en los techos, paredes y pisos del edificio. Se ha previsto la ejecución de cuatro (4) sistemas de puesta a tierra, esto es uno para cada Banco de medidores, el cual tendrá la finalidad de servir como medio de protección de las posibles corrientes de falla que se tengan en el edificio. También se ha previsto la ejecución de un sistema de electroductos constituidos por tuberías de plástico, cajas de fierro galvanizado, etc., los cuales tendrán la finalidad de facilitar el tendido de los cables telefónicos y de televisión de cada uno de los departamentos.

Para el cálculo de la máxima demanda se ha efectuado de acuerdo al Código Nacional de Electricidad y teniendo en cuenta la potencia de cada equipo y su simultaneidad de uso, la misma que se indica a continuación:

#### DEPARTAMENTO TIPICO CON TABLERO TD

Potencia Instalada	13,500 w.
Máxima demanda	11,625 w.

#### TABLERO TSG

Potencia Instalada	34,725 w.
Máxima demanda	29,349 w.

Los símbolos que se emplearán, corresponden a los indicados en la Norma DGE - Símbolos Gráficos en Electricidad, aprobada por R.M. N° 091-2002-EM/VME, los cuales se encuentran descritos en la Leyenda respectiva.

Antes de la colocación de los artefactos de alumbrado y demás equipos se efectuarán pruebas de resistencia de aislamiento en toda la instalación.

**Valores de aislamiento aceptables.-**

La resistencia, medida con megómetro y basada en la capacidad de corriente permitida para cada conductor, debe ser por lo menos:

- a) Para circuitos de conductores de sección hasta 4 mm<sup>2</sup>: 1'000,000 Ohmios.
- b) Para circuitos de conductores de secciones mayores de 4 mm<sup>2</sup> de acuerdo a la siguiente tabla:

21 a 50 Amp. Inclusive	250,000 Ohmios
51 a 100 Amp. Inclusive	125,000 Ohmios

- c) Los valores indicados se determinarán con el tablero de distribución, portafusibles, interruptores y dispositivos de seguridad en su sitio.
- d) Cuando estén conectados todos los portafusibles receptáculos, artefactos y utensilios, la resistencia mínima para los circuitos derivados que dan abastecimiento a estos equipos deberán ser por lo menos la mitad de los valores indicados anteriormente.

#### **Parámetros de Cálculo**

- a) Factor de potencia para las cargas de servicios generales: 0.85.
- b) Factor de potencia para las cargas de los departamentos: 1.00.
- c) Caída de tensión máxima: 2.5%.
- d) Tensión: 220V, trifásico, 60Hz.

### **1.6 Instalaciones Sanitarias**

En el desarrollo del presente proyecto se utilizo las Normas y Reglamentos oficiales y son los siguientes:

- Nuevo Reglamento de Construcción y Vivienda – Capítulo destinado a Conjuntos Residenciales y del capítulo de instalaciones sanitarias

- Normas Técnicas de la N. F. P. A. para la instalación de los Sistemas de Protección e Agua Contra Incendio y del Reglamento de Vivienda y Construcción
- Normas Técnicas sobre los tipos de tuberías

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones se utiliza el sistema indirecto, es decir no directamente de la presión de la red pública. Este sistema permite el almacenamiento de agua en una cisterna y un tanque elevado y las presiones son más constantes.

Las dimensiones de la cisterna serán:

- Torre Tomas Valle: estará ubicada en la esquina de dicha avenida con la Av. Beta sus dimensiones son 6.2 m. por 3.8 m. teniendo una altura libre de 40 cm .con un cuarto de máquina de 9.3 m<sup>2</sup> teniendo acceso desde el sótano de estacionamiento.
- Torre Beta: La cisterna estará ubicada al lado de la rampa de acceso al sótano en la esquina de dicha avenida con el Jirón Catarí siendo sus dimensiones 3.5 m. x 4.6 m. Y teniendo un cuarto de máquina o cámara seca de 6.5 m<sup>2</sup> teniendo acceso desde el estacionamiento de visitas por una escalera de gato.
- Torre Catarí: La cisterna se encuentra en la esquina de los bloques A y B siendo sus medidas 3.0 m. por 2.8 m., el cuarto de máquinas tiene 5.9 m<sup>2</sup> y el acceso es por el sótano. La altura de borde libre para todas las cisternas será de 40 cm.

Así mismo el reglamento define el volumen de los tanques elevados como un tercio de la dotación de litros por día de consumo siendo el volumen mínimo 1 m<sup>3</sup>. La ubicación de los tanques elevados será sobre las cajas de las escaleras las cuales estarán alejadas de la fachada es decir en la cara interior del conjunto residencial.

Para satisfacer la necesidad del uso de agua caliente se proyectó calentadores en cada departamento. Teniendo en cuenta la dotación de agua caliente de

acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones para el número de dormitorios por vivienda la dotación será de 390 litros/día.

La capacidad de almacenamiento de tanque será  $1/5$  de la dotación diaria. Por lo tanto para nuestro proyecto será aproximadamente 80 litros. La capacidad horario de producción del equipo de agua caliente será  $1/7$  de la dotación diaria, para el presente proyecto de vivienda será 60 litros /h.

Se ha previsto la instalación de tres conexiones domiciliarias cada uno de 6" de diámetro con descarga al colector público ubicado en las redes de la Avenida Tomas Valle.

Se instalará una red de recolección de ventilación en todos los aparatos sanitarios con salida en los puntos más altos de la Torre, los cálculos del diámetro de las redes de ventilación está en relación a las unidades de servicios se indican en los planos de diseño.

El Proyecto Inmobiliaria de Vivienda Conjunto Residencial Prado Alto contará con un sistema hidráulico de prevención de agua contra incendio mediante el uso de gabinetes, rociadores automáticos, volumen de almacenamiento incluido en las cisternas de agua de Torre Tomas Valle y Torre Beta, equipos de bombeo y empalmes al exterior mediante siamesas.

Para la distribución del agua contra incendio hacia los gabinetes se ha proyectado un sistema de alimentadores, cuyas tuberías serán de material acero SCH-40.

Volumen de agua contra incendio  $25 \text{ m}^3$  adicionales almacenados en cada cisterna de la edificación que sobrepase los 15 metros de altura, para este caso son las Torres Tomas Valle y Torre Beta.

Para efectos de desarrollo del Informe de Suficiencia los cálculos y diseño estarán referidos solo al bloque de 10 pisos ubicado en la Av. Beta.

## **CAPITULO 2: GENERALIDADES**

### **2.1 Fundamento Teórico**

Las instalaciones sanitarias juegan un rol importante dentro de la habitabilidad de un edificio o vivienda, de ellas dependerá el adecuado suministro de agua potable teniendo en cuenta tanto la calidad como la cantidad de agua; es decir suministrar agua a todos los puntos de consumo aparatos sanitarios, aparatos de utilización de agua caliente, aire acondicionado, agua contra incendios, etc. El diseño de redes toma en cuenta la protección de la salud de los habitantes, del mismo modo el sistema de evacuación o desagüe elimina las aguas servidas mediante la conexión a la red pública o un método sanitario de eliminación.

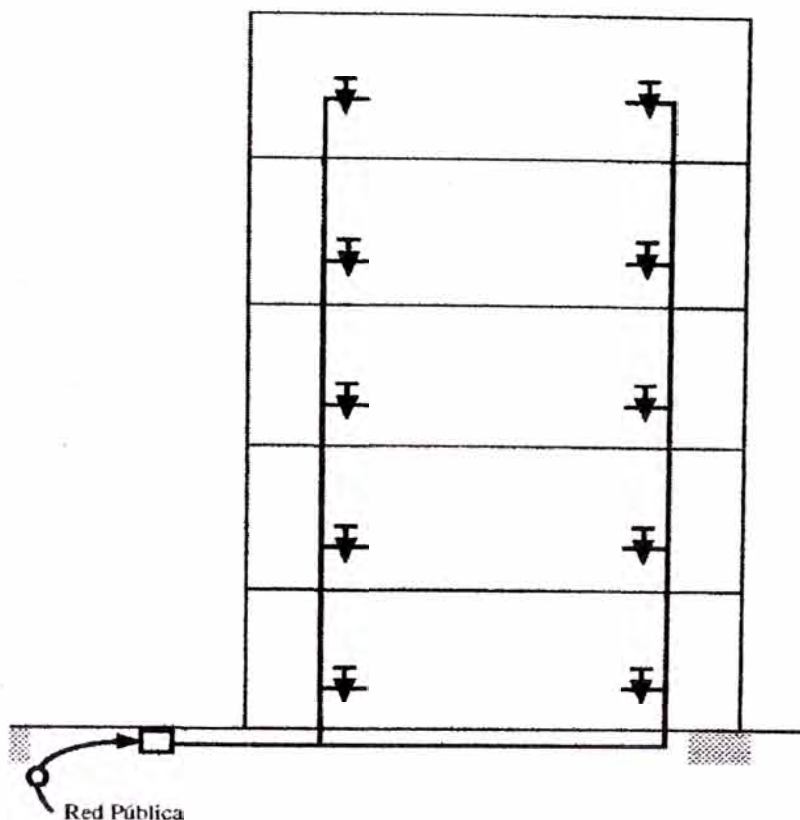
### **2.2 Sistemas de Abastecimiento de Agua**

Los sistemas de abastecimiento o distribución de agua se refieren a las redes y los equipos necesarios para satisfacer la necesidad de agua en los diferentes niveles de la edificación. Para elegir un sistema de abastecimiento bastará con definir tres aspectos básicos, los cuales son: presión de agua en la red pública, altura y forma de la edificación y finalmente las presiones interiores necesarias. Una vez aclarados estos tres parámetros se puede escoger el sistema, el cual puede ser: directo, indirecto y mixto combinado.

#### **2.2.1 Sistema directo**

En el sistema directo se usa la presión de agua existente en la red pública, la ventaja de este sistema es que existe menos peligro de contaminación debido a que el abastecimiento se realiza de forma directa sin ninguna estructura de almacenamiento como cisternas o tanques elevados. En contraposición las desventajas serían la limitada fuerza de presión de agua, que solo abastece en forma satisfactoria a edificios de baja altura (2 a 3 pisos). Otra desventaja notoria y determinante es que no existe almacenamiento en caso del corte de suministro de agua. Al usar este sistema existe la posibilidad que las variaciones horarias afecten el abastecimiento en los puntos de consumo más elevados.

Figura Nº 2.1 – Esquema de Sistema Directo



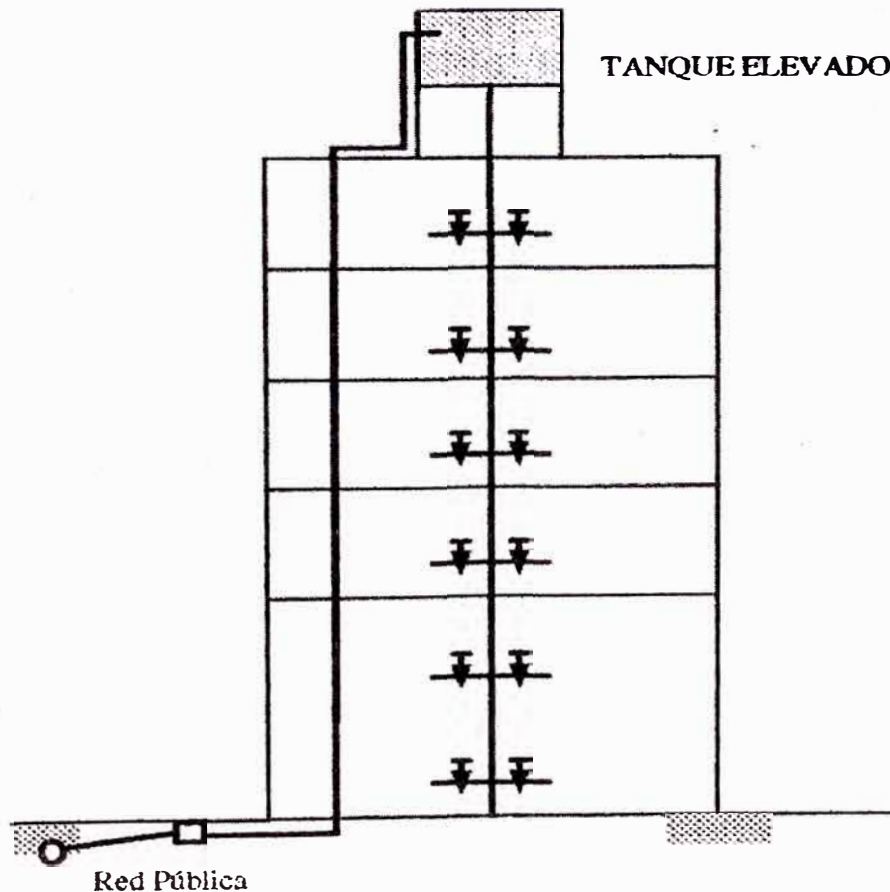
### 2.2.2 Sistemas Indirectos

El sistema indirecto es necesario cuando la presión de la red pública no es suficiente para abastecer los aparatos sanitarios en niveles más elevados. Se llama indirecto porque el suministro de agua a los puntos de consumo no es directamente por la presión de la red pública. En este caso es necesario contar con reservorios domiciliarios como cisternas y tanques elevados) y de estos se abastece por bombeo o gravedad a todo el sistema. La ventaja más significativa de este sistema es la reserva de agua para los casos en que se interrumpa el servicio. Además de las presiones constantes en cualquier punto de la red interior, elimina los sifonajes. Las desventajas principales son: la posible contaminación dentro de los reservorios, el requerimiento de un equipo de bombeo el cual representa un costo adicional tanto en la adquisición como en el mantenimiento periódico y el recargo de refuerzo estructural dentro del edificio para el sostenimiento del tanque elevado.

Dentro de los sistemas indirectos tenemos:

- Tanque elevado por alimentación directa y abastecimiento por gravedad; funciona almacenando un volumen en algunas horas del día o de la noche donde se cuenta con presión suficiente de la red pública para llenar el depósito elevado y desde aquel se da servicio por gravedad a la red interior; su principal ventaja es que no necesita equipo de bombeo y la desventaja sería que de no llenarse a tiempo provocaría una escasez de suministro.

**Figura N° 2.2 – Esquema de Sistema indirecto (Tanque Elevado y Alimentación por gravedad)**

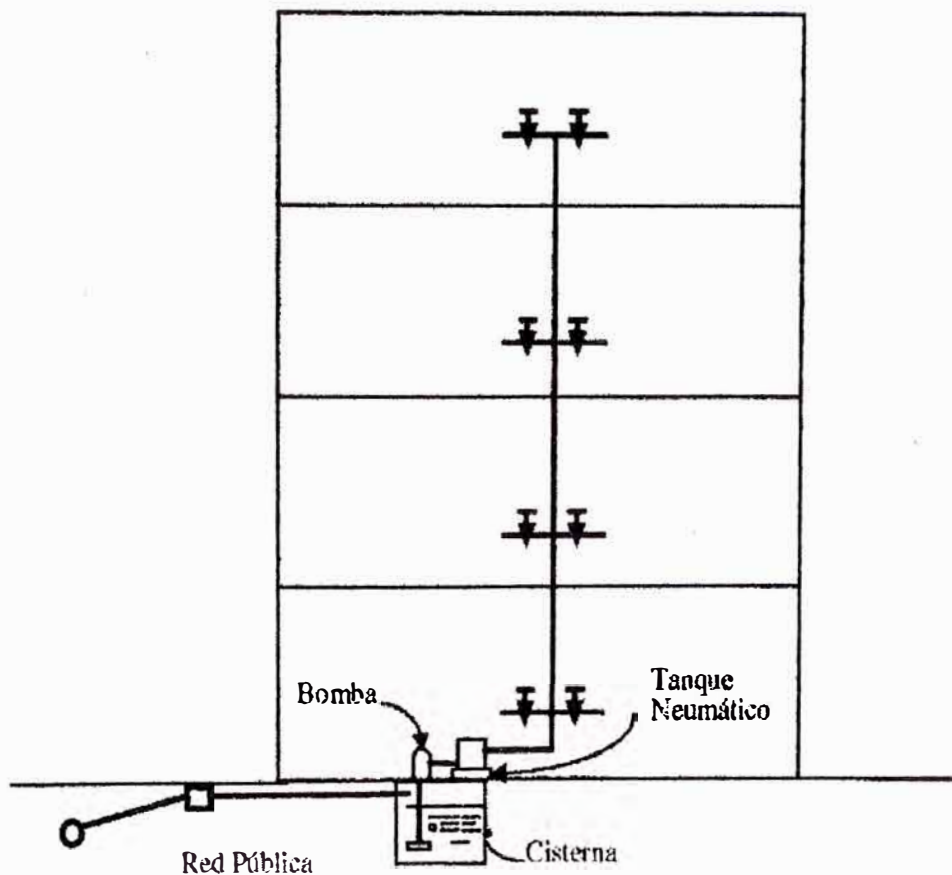


- Cisterna y Equipo de Bombeo; en este caso la red de agua es conectada a una cisterna desde donde por intermedio de una bomba y un tanque hidroneumático se mantiene la presión en todo el sistema. Este sistema garantiza las presiones adecuadas en todos los puntos de consumo,



evitar los tanques elevados y las consideraciones estructurales que ello implica y obtener diámetros de tubería más pequeños por lo tanto más económicos. Por otro lado la desventaja es que el corte de fluido eléctrico afecta notablemente el desempeño del sistema. No es recomendable el sistema en edificios de regular altura por resultar muy costoso.

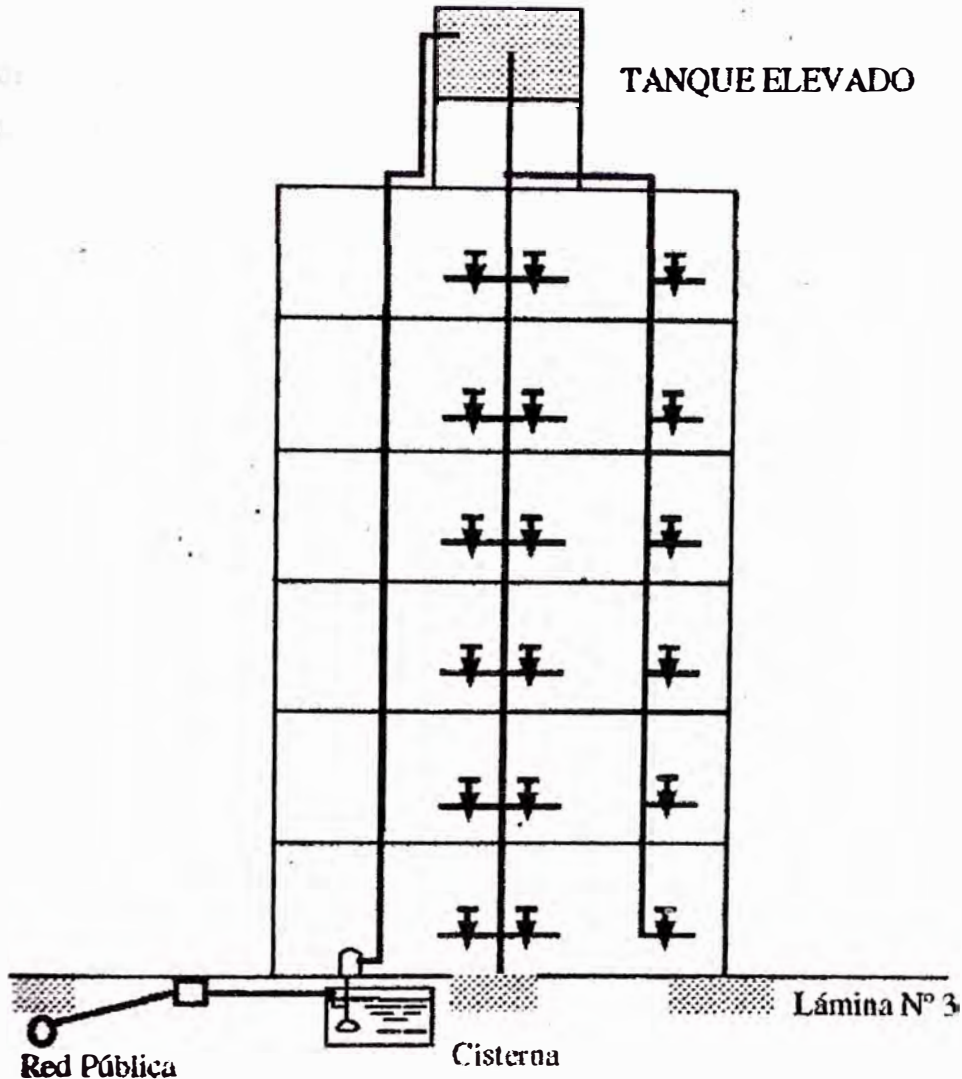
**Figura N° 2.3 – Esquema de Sistema indirecto (Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Hidroneumático)**



- Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Elevado; en este sistema el agua ingresa de la red pública a la cisterna donde es bombeado al tanque elevado para luego ser distribuido por gravedad en la red interior. Este sistema es adecuado siempre y cuando se calcule correctamente las

capacidades de cisterna y tanque elevado. En el siguiente esquema se muestra la distribución y partes de un tipo de sistema indirecto, nótese que el tanque elevado y la cisterna están ubicados en el mismo plano.

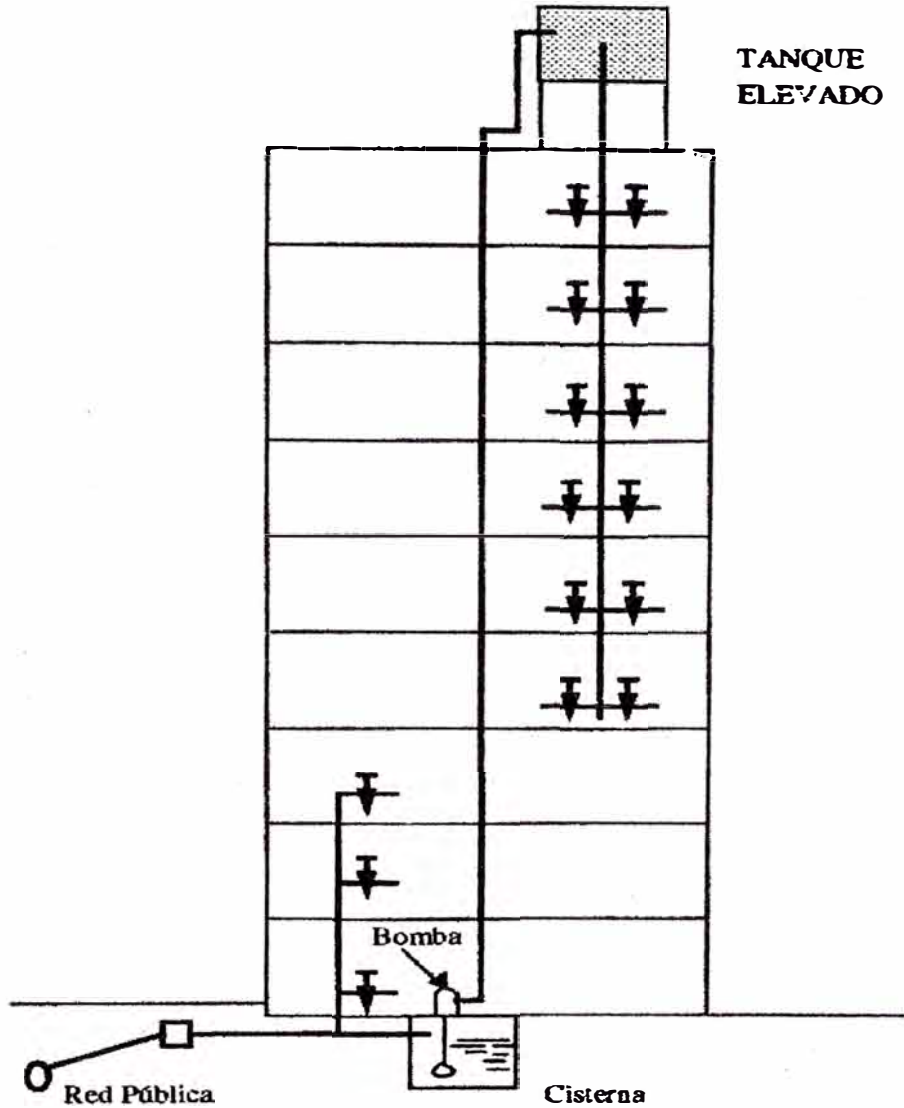
**Figura N° 2.4 – Esquema de Sistema Indirecto (Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Elevado)**



### 2.2.3 Sistema Mixto

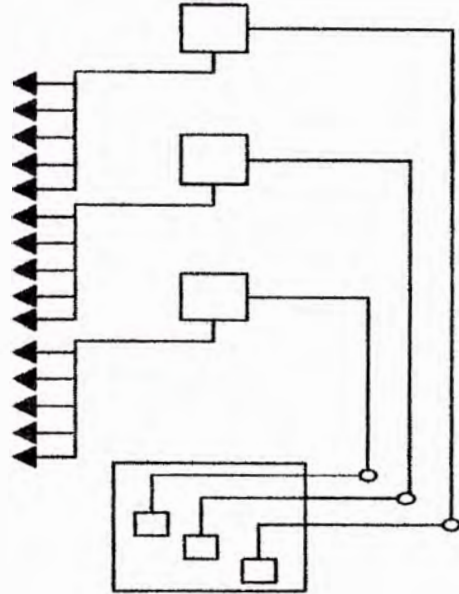
Este tipo de sistemas se utilizan cuando la presión de la red pública lo permita, los pisos inferiores pueden ser alimentados en forma directa y los superiores en forma indirecta.

Figura N° 2.5 – Esquema de Sistema Mixto

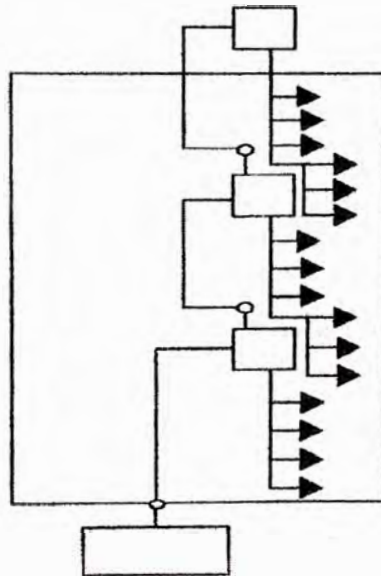


En el siguiente esquema (Figura N° 2.6) se aprecia la disposición de las estructuras de almacenamiento y las redes de distribución de agua en edificio de gran altura. Nótese que se disponen de varios tanques elevados a diferentes alturas y a su vez varias bombas en un mismo cuarto de máquina alimentándose de una sola cisterna común. Además se aprecia otra distribución usando depósitos de almacenamiento intermedio que funcionan como cisternas y tanques elevados en forma simultanea. Todo depende del uso que se le dará a la edificación.

**Figura Nº 2.6 - Esquema de Otros Sistemas Mixtos para Edificios de gran altura**



**FIGURA Nº 6**



**FIGURA Nº 7**

### 2.3 Sistema Indirecto - Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Elevado

El sistema indirecto de cisterna, equipo de bombeo y tanque elevado consta de las siguientes partes:

### 2.3.1 Acometida o Conexión Domiciliaria

Es el tramo comprendido entre la tubería matriz y la ubicación del medidor o dispositivo de regulación, la empresa de Agua Potable nos proporciona el diámetro de este ramal y el valor de la presión en la red pública mediante la factibilidad técnica, los diámetros están por lo general entre 5/8" u 3/4" y a lo máximo 1".

### 2.3.2 Medidor

Son aparatos registradores y totalizadores de gasto. Recibe el agua de la red pública a través de la acometida a domicilio. Su capacidad es variable y se elige de acuerdo con el consumo de la derivación considerada. En el caso de que no sea suficiente se pueden instalar varios en paralelo.

Existen 2 tipos de medidores:

- De volumen
- De velocidad

Figura Nº 2.7 – Medidor Volumétrico de Velocidad



Ambos consisten en pequeños motores hidráulicos que funcionan a la inversa de las bombas y cuyo movimiento es utilizado para accionar una relojería que totaliza los consumos. Se diferencian en cuanto a su sensibilidad, que es mayor en los medidores volumétricos siendo capaces de registrar pequeños gastos

originados por escapes en inodoros o en instalaciones poco cuidadas. También en su mantenimiento siendo los medidores de velocidad los que requieren mayor recambio de piezas. El cálculo del medidor se hace en base al caudal que circula a través de la tubería, tomando en cuenta una máxima pérdida de carga de 50% de la carga disponible.

Cabe señalar que en las edificaciones en general se emplean los medidores volumétricos y es preferible instalarlos en las zonas de acceso a cada usuario: pasadizos, halls etc. pero no deben ubicarse cerca de dormitorios o zonas sociales por los ruidos de operación.

**Figura N° 2.8 - Tipos de Medidores de Caudal**



<b>Medidor de Caudal con dos Abrazaderas (desde 4" hasta 16")</b>	<b>Medidor de Caudal con tres Abrazaderas (desde 18" hasta 36")</b>	<b>Medidor de Caudal con tubo roscado (desde 2" hasta 4")</b>	<b>Medidor de Caudal con bridas (desde 2" hasta 24")</b>
---	---	---	--

### 2.3.3 Tubería de alimentación

Esta comprendida entre el medidor y la cisterna. Para el cálculo del diámetro se toma en cuenta la presión de la red pública, la longitud de la tubería y el tiempo de llenado de la cisterna que usualmente se considera de 1 a 2 horas.

### 2.3.4 Cisterna

Es la estructura de almacenamiento ubicada en la parte inferior de la edificación, recibe el agua de la red pública mediante la línea o tubería de alimentación. La cisterna deberá situarse en patios de servicio, zonas de estacionamiento, cerca de la caja de ascensores, jardines interiores, caja de escalera, esto permite colocar los equipos de bombeo bajo la escalera, pasadizos, garages, cuartos especiales.

Se debe procurar que la cisterna se ubique en el mismo plano vertical que el tanque elevado para evitar pérdidas de carga por fricción en aparatos sanitarios.

Es importante darle fácil acceso en cualquier momento para mantenimiento y/o reemplazo de equipos. Mediante estudios realizados acerca de la dotación y consumo de agua en edificaciones se considerará como adecuado el almacenamiento, sin incluir reserva contra incendio, una capacidad mínima igual a la dotación diaria (100%).

La forma de los tanques de almacenamiento puede ser circulares, rectangulares o cuadrados, no interesa la forma, Lo único conveniente es indicar que la altura de agua no debe ser en lo posible menor a 0.80 ml.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones la capacidad de la cisterna será las  $\frac{3}{4}$  partes del consumo diario siendo el volumen mínimo de 1000 litros.

A continuación citaremos otras consideraciones que se deben tener en cuenta para el diseño de la cisterna:

- La distancia vertical entre el techo del tanque y la superficie libre del agua será entre 0.30 a 0.40 ml.
- La distancia vertical entre los ejes de tubos de rebose y de entrada de agua no debe ser menor a 0.15 ml.
- La distancia vertical entre el eje de tubos de rebose y el máximo nivel de agua nunca debe ser menor a 0.10 ml.
- En la tubería de alimentación se debe considerar una válvula de interrupción entre dos uniones universales, esta llave deberá estar ubicada preferentemente cerca de la cisterna.
- Se debe considerar una tapa en la cisterna, la cual debe ser de tipo sanitaria y de una dimensión de 0.60 x 0.60 ml, que nos permite la inspección. Así mismo un cuarto de bombas con el área suficiente para contener a todos los equipos de bombeo.
- En la salida de la tubería de alimentación se colocará una válvula flotador la cual nos regulará la entrada de agua, además es necesario proveer una tubería de rebose en caso se malogre esta válvula. Esta tubería esta especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones y los diámetros están en función a la capacidad de la cisterna.

### **2.3.5 Línea o tubería Succión**

La tubería de Succión extrae agua de la cisterna y la lleva al equipo de bombeo, se recomienda que sea lo más corta posible, no sea mayor de 2 ml. Se procurar hermetismo en la instalación y el menor número de accesorios. Es conveniente

una inclinación de 2 grados de la bomba hacia el sitio de la succión. No se deben permitir formas que impidan la libre salida del aire al momento del cebado. Se colocará una válvula de pie cuando la bomba no sea autocebante y coladera cuando la bomba es autocebante. La tubería de succión no debe llegar al fondo del tanque ni quedar pegada a la pared lateral.

El Reglamento Nacional de Edificaciones proporciona diámetros de tuberías en función al gasto a bombearse. El diámetro de la tubería de Succión es igual al diámetro inmediatamente superior de la tubería de impulsión

### **2.3.6 Equipo de bombeo**

Por definición, la bomba es un aparato mecánico cuya función es adicionarle energía a un fluido para que este pueda realizar un trabajo, en nuestro caso el fluido será el agua y el trabajo será llegar al tanque elevado para luego distribuirse por gravedad a todos los puntos de consumo en la edificación.

De acuerdo a la práctica usual los equipos de bombeo se clasifican en:

- **Electrobombas:** son las de mayor uso y utilizan corriente eléctrica. Tenemos un gran variedad de electrobombas para cubrir todas las necesidades: electrobombas Periféricas, electrobombas centrífugas, electrobombas JET, electrobombas de Acero Inoxidable, electrobombas bridadas, electrobombas sumergibles, etc.
- **Motobombas:** Se utilizan en lugares donde no existe corriente eléctrica o en los casos de necesidad de equipos de bombeo móvil para limpieza de cisternas, operaciones de riego o limpieza de tanques sépticos.
- **A vapor:** son especiales para uso industrial. No es más que la circulación de vapor por una cañería o radiador. Al ocurrir condensación de vapor los radiadores transmiten su calor oculto. La circulación de vapor se realiza con sistemas de una y dos tuberías, estas devuelven el agua formada por condensación a la caldera.

**Figura 2.9 – Gráfico de ElectroBomba**

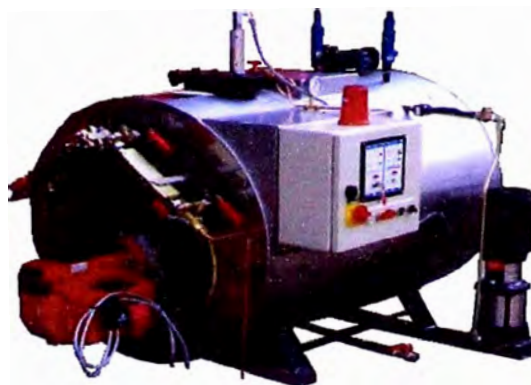




Figura 2.10 – Gráfico de MotoBomba



Figura 2.11 – Gráfico de Bomba a Vapor



Para edificaciones generalmente se utiliza electrobombas dada sus múltiples ventajas, siendo las bombas centrífugas las más recomendables. Su colocación puede ser para succión vertical u horizontal, según la bomba se coloque sobre la cisterna o en una cámara seca contigua a la cisterna. Esta máquina consiste en un impulsor que mediante aplicación de energía mecánica imprime mayor velocidad al agua que entra por el ojo del impulsor, forzándola a circular entre el mismo y la carcasa, hasta salir por el orificio de descarga, obteniéndose un aumento de la energía en el agua a expensas del motor que a vez provee mayor cantidad de energía, debido a las pérdidas de fricción a través de todo el mecanismo. Las bombas centrífugas pueden ser conectadas directamente de la red pública lo cual esta prohibido debido al riesgo de contaminación. Los equipos de bombeo deben instalarse sobre fundaciones de concreto adecuadamente proyectadas para absorber vibraciones. La altura mínima deberá ser de 0.15 ml sobre el nivel del piso. Los equipos se fijarán sobre las fundaciones mediante pernos de anclaje de acuerdo a recomendaciones del fabricante. Las uniones entre bomba y las correspondientes tuberías deben ser del tipo universal o de brida.

Para calcular la potencia de los equipos de bombeo tenemos que definir la Altura Dinámica Total así como el Caudal de Bombeo.

El Caudal de Bombeo en edificaciones mayores a 3 pisos el caudal de bombeo resulta ser el mayor valor entre el Caudal de Llenado ( $Q_{LL} = \text{Volumen tanque elevado} / \text{tiempo de llenado}$ ) y el Caudal de Máxima Demanda Simultánea ( $Q_{mds}$ ) que se obtiene de las unidades Hunter (U.H.). Para el cálculo del Caudal de Llenado se considera el tiempo de 1 a 2 horas expresadas en segundos.

La Altura dinámica Total es la sumatoria de la Altura de Succión, Altura de Impulsión, Pérdidas de Carga en la succión e impulsión y la Presión de Servicio. Una vez definida estos dos valores, se considera una eficiencia de máquina entre 0.6 a 0.7 y así podremos determinar la potencia del equipo de bombeo.

### **2.3.7 Línea o tubería de Impulsión**

La tubería de Impulsión lleva el agua desde el equipo de bombeo hacia el tanque elevado. Inmediatamente después de la bomba deberá instalarse una válvula de retención o check protege de daños a la bomba cuando el agua regresa debido al apagado.

La Válvula de Compuerta tiene como función servir de reguladora de caudal cuando se requiera, así como impedir que el líquido se derrame cuando se efectúen labores de mantenimiento o reparación de la bomba. Las uniones universales tienen la función de permitir el montaje y desmontaje de la bomba cuando se requiera. Se debe proveer un tapón de cebado. Es recomendable proyectar la ruta más corta posible, desde la cisterna al tanque elevado, para evitar pérdidas de carga innecesarias. El Reglamento Nacional de Edificaciones proporciona diámetros de tuberías en función al gasto a bombearse.

### **2.3.8 Tanque elevado**

Es la estructura de almacenamiento que se ubica en la parte alta del edificio. Suele ubicarse en la caja del ascensor o en la escalera lo más alejado posible de la fachada del edificio por razones estéticas y a una altura adecuada sobre el nivel de azotea que garantice una presión de 2 m.c.a. en el aparato más desfavorable.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones la capacidad del tanque elevado será  $1/3$  del consumo diario siendo el volumen mínimo de 1000 litros.

En el proceso constructivo el tanque elevado debe ser impermeabilizado al momento de darle el acabado.

El tanque elevado tiene varias conexiones como tubería de rebose la cual se hace descargar a un desagüe indirecto, con una brecha de aire de 5 cm. La tubería de limpieza que también se conecta al desagüe. Válvula compuerta en la tubería de alimentación.

### **2.3.9 Salida o salidas del tanque elevado**

Es la tubería que sale del tanque elevado hasta el piso de la azotea, su longitud depende de la altura del tanque. Esta altura se calcula en base a las pérdidas de carga y la presión de salida en el punto más desfavorable.

### **2.3.10 Alimentador o alimentadores.**

Es una tubería de distribución que desciende a la edificación desde el tanque elevado distribuyendo el fluido mediante gravedad. El dimensionamiento de las redes de agua comenzará por el cálculo de los alimentadores para luego continuar con los ramales y sub-ramales de distribución.

### 2.3.11 Ramales de distribución.

Es el segmento final de la red de distribución, inicia en la toma del alimentador y finaliza en la salida de agua. Es una tubería horizontal que ingresa a los departamentos y abastece a los diferentes aparatos sanitarios dentro de un mismo nivel de piso.

## 2.4 Principios Básicos del Diseño de una red de Distribución de Agua

### 2.4.1 Dotación de Agua

La dotación de agua es la piedra angular de cualquier diseño de redes de distribución de agua en interiores de los diferentes tipos de edificación. La dotación diaria es variable dependiendo del uso de la edificación, áreas, costumbres y hábitos de sus ocupantes, uso de medidores, necesidades profesionales, necesidades para industrias, así como el sistema de distribución que se ha elegido. Hay muchos factores que deben tenerse en cuenta antes de poder definir el consumo de agua del servicio. Este deberá ser lo suficientemente amplio para poder suministrar una cantidad adecuada aún en horas punta.

Las dotaciones de agua para vivienda multifamiliares figuran en la norma IS. 010 del Reglamento Nacional de Edificaciones. Teniendo en cuenta el número de dormitorios por vivienda las dotaciones diarias en litros se muestran a continuación en el cuadro N° 2.1

**Cuadro N° 2.1 – Dotación de Agua Fría en viviendas Multifamiliares**

Número de dormitorios por vivienda	Dotación diaria en litros
1	500
2	850
3	1200
4	1350
5	1500

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS. 010

Para la dotación de agua contra incendios se considerará 25 m<sup>3</sup> adicionales a la dotación de agua fría en el caso de edificaciones de más de 15 metros de altura.

### 2.4.2 Máxima demanda Simultánea (M.D.S.)

Es el caudal máximo probable de agua en una vivienda, edificio o sección de el; se expresa en litros por segundo (l/s) o galones por minuto (G.P.M.). Se presenta cuando la totalidad de los aparatos funcionan simultáneamente.

### 2.4.3 Método de Roy Hunter

Este método aplica teorías de probabilidades para calcular los gastos en los sistemas de abastecimiento de agua y consiste en asignar a cada aparato sanitario o grupo de aparatos sanitarios, un número de "unidades de gasto" o "peso" determinado experimentalmente. El cuadro siguiente nos muestra los valores de unidades de gasto por aparatos sanitario, estos se establecen midiendo la descarga de un lavatorio de capacidad de 1 pie<sup>3</sup> el cual descarga en un minuto. Las unidades son adimensionales.

**Cuadro N° 2.2 – Unidades de Gasto para el Cálculo de Tuberías de Distribución de Agua en Edificios**

Aparato Sanitario	Tipo	Unidades de Gasto		
		Total	Agua Fria	Agua Caliente
Inodoro	Con tanque – descarga reducidas	1.5	1.5	-
Inodoro	Con tanque	3	3	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática	6	6	-
Inodoro	Con válvula semiautomática y automática de descarga reducida	3	3	-
Bidé		1	0.75	0.75
Lavatorio		1	0.75	0.75
Lavadero		3	2	2
Ducha		2	1.5	1.5
Tina		2	1.5	1.5
Urinario	Con Tanque	3	3	-
Urinario	Con Válvula semiautomática y automática	5	5	-
Urinario	Con Válvula semiautomática y automática de descarga reducida	2.5	2.5	-
Urinario	Múltiple (por m)	3	3	-

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS. 010

Para estimar la máxima demanda de agua de un edificio o sección de él, debe tenerse en cuenta si el tipo de servicio que van a prestar los aparatos es público o privado. También debemos considerar si los aparatos sanitarios son de tanque o de válvula (flujómetro) pues arrojan diferentes resultados de acuerdo al tipo de aparato. Cuando existen instalaciones que requieran agua en forma continua y definida, el consumo de éstos debe obtenerse sumando a la máxima demanda simultánea determinada, las de uso en forma continúa tales como aire acondicionado, riego de jardines, etc.

#### 2.4.4 Diseño de Red de Distribución

Cualquier fluido que recorra por una tubería origina fricción a medida que recorre las paredes del tubo. Esta fricción hace perder energía cinética al fluido lo cual se traduce en una velocidad mas lenta por lo tanto la distribución debe hacerse buscando las rutas más directas y con menor número de accesorios que sea posible entre la fuente y los aparatos.

Las pérdidas de carga se pueden calcular mediante la siguiente ecuación establecida por Hassen y Willians, estudiosos en la materia, definieron las pérdidas de carga en función al Caudal (Q) en l/s, Longitud (L) en ml., diámetro de tubería (D) en pulgadas y coeficiente de rugosidad de la tubería que es un valor adimensional y depende del material del conductor.

$$H_r = \frac{1742 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85} * L}{D^{4.87}}$$

Para el cálculo del diámetro de tubería de servicio, se debe establecer con exactitud la dotación de agua y la máxima demanda simultanea o sea la máxima a la cual estará sometido el sistema, debido a la simultaneidad de uso de los aparatos.

La red distribución de agua de un edificio se diseñara para que todos los aparatos sanitarios funcionen correctamente. Hay que tener en cuenta que la cantidad de agua fría y caliente se consume, varía dependiendo del tipo de

edificio, uso para que se le destine y la hora del día. El Sistema debe llenar los requisitos de capacidad suficiente en todas sus partes: tuberías, bombas, tanques de almacenamiento, equipos de calentamiento, etc. para satisfacer las demandas máximas, pero sin olvidarnos de la economía de las instalaciones.

Es más recomendable distribuir las tuberías de agua en el piso y no en la pared por motivos constructivos, tenemos mayor facilidad de trabajo porque la mano de obra resulta mas barata y fácil, ya que previamente se hace la instalación y luego se vacía el contrapiso, en cambio al llegar las tuberías por los muros hay que picar las paredes y efectuar pases en los vanos de las puertas o pasadizos.

Las conexiones de agua fría van siempre al lado derecho y las de agua caliente al lado izquierdo. Esto sucede en lavatorios, tinas y duchas, etc. Para el caso del inodoro, que no tiene conexión de agua caliente, la conexión de agua fría irá por el lado izquierdo.

Para el cálculo de las tuberías también debemos tener en cuenta las velocidades máximas del fluido; establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones IS.010. En el cuadro N° 2.3 mostramos a continuación las velocidades máximas en función al diámetro de tubería. Siendo la velocidad mínima de recomendada 0.60 m/s y la velocidad máxima 3 m/s.

### **Cuadro N° 2.3 – Velocidades Máximas de acuerdo al Diámetro en Tuberías de Distribución de Agua**

Diámetro (mm.)	Velocidad Máxima (m/s)
15 (1/2")	1.90
20 (3/4")	2.20
25 (1")	2.48
32 (1 ¼")	2.85
40 y mayores (1 ½" y mayores)	3.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS. 010

Con frecuencia la presión de la red pública es baja; es posible que aumentando el diámetro, se corrija un poco esta deficiencia. No obstante esta solución será aplicable a residencias de uno o dos plantas. En edificios la única solución es

usando equipos de presión. La presión mínima de entrada en los aparatos sanitarios será de 2.00 m.c.a. salvo aquellos que llevan válvula semiautomática y los equipos especiales donde la presión mínima será recomendada por el fabricante. La máxima presión estática no debe ser superior a los 40 m. En caso de presiones mayores será necesario dividir el sistema en tramos o instalarse válvulas reductoras.

Las pérdidas de carga por fricción en tuberías se calculan con ayuda de ecuaciones desarrolladas empíricamente.

#### **Cuadro N° 2.4 – Coeficientes de Fricción según material de Tubería**

Coeficiente de Fricción	C
Hierro Galvanizado y Acerado	100
Hierro Fundido	120
Asbesto Cemento	130
Cobre y fibra de vidrio	140
PVC	150

Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

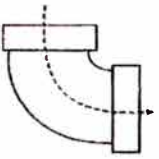
#### **2.4.5 Pérdidas de Carga por Accesorios**

Una tubería comprende diversos accesorios (codos, tees, válvulas, reducciones, etc.) y otras características, bajo el punto de vista de carga, equivale a una tubería rectilínea de mayor longitud. En esta simple idea se basa las pérdidas de carga por accesorios. Consiste en sumar a la longitud de 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.

Las siguientes tablas contienen valores para las longitudes ficticias correspondientes a los accesorios más frecuentes en las tuberías. Estos valores fueron calculados en la fórmula de Darcy-Weisbach y también se basan en estudios realizados por autoridades en la materia.

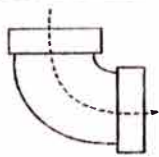


**Cuadro N° 2.5 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo Radio Largo 90°**

	<b><math>Le = [ 0.52 \Phi + 0.04 ] ( 120 / C )^{1.85}</math></b>				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.42	0.30	0.26	0.23	0.20
<b>3/4</b>	0.60	0.43	0.37	0.32	0.28
<b>1</b>	0.78	0.56	0.48	0.42	0.37
<b>1 1/4</b>	0.97	0.69	0.60	0.52	0.46
<b>1 1/2</b>	1.15	0.82	0.71	0.62	0.54
<b>2</b>	1.51	1.08	0.93	0.81	0.71
<b>2 1/2</b>	1.88	1.34	1.16	1.01	0.89
<b>3</b>	2.24	1.60	1.38	1.20	1.06
<b>4</b>	2.97	2.12	1.83	1.59	1.40
<b>6</b>	4.43	3.16	2.73	2.38	2.09
<b>8</b>	5.88	4.20	3.62	3.16	2.78
<b>10</b>	7.34	5.24	4.52	3.94	3.47
<b>12</b>	8.80	6.28	5.42	4.72	4.16
<b>14</b>	10.26	7.32	6.31	5.50	4.84

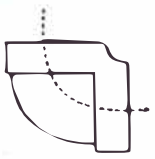
Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.6 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo Radio Medio 90°**

	<b><math>Le = [ 0.67 \Phi + 0.09 ] ( 120 / C )^{1.85}</math></b>				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.60	0.43	0.37	0.32	0.28
<b>3/4</b>	0.83	0.59	0.51	0.45	0.39
<b>1</b>	1.06	0.76	0.66	0.57	0.50
<b>1 1/4</b>	1.30	0.93	0.80	0.70	0.61
<b>1 1/2</b>	1.53	1.10	0.94	0.82	0.72
<b>2</b>	2.00	1.43	1.23	1.08	0.95
<b>2 1/2</b>	2.47	1.77	1.52	1.33	1.17
<b>3</b>	2.94	2.10	1.81	1.58	1.39
<b>4</b>	3.88	2.77	2.39	2.08	1.83
<b>6</b>	5.76	4.11	3.54	3.09	2.72
<b>8</b>	7.64	5.45	4.70	4.10	3.61
<b>10</b>	9.51	6.79	5.86	5.11	4.49
<b>12</b>	11.39	8.13	7.01	6.11	5.38
<b>14</b>	13.27	9.47	8.17	7.12	6.27


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.7 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo Radio Corto 90°**

	$Le = [ 0.76 \Phi + 0.17 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.77	0.55	0.47	0.41	0.36
<b>3/4</b>	1.04	0.74	0.64	0.56	0.49
<b>1</b>	1.30	0.93	0.80	0.70	0.62
<b>1 1/4</b>	1.57	1.12	0.97	0.84	0.74
<b>1 1/2</b>	1.84	1.31	1.13	0.98	0.87
<b>2</b>	2.37	1.69	1.46	1.27	1.12
<b>2 1/2</b>	2.90	2.07	1.79	1.56	1.37
<b>3</b>	3.43	2.45	2.11	1.84	1.62
<b>4</b>	4.50	3.21	2.77	2.41	2.12
<b>6</b>	6.63	4.73	4.08	3.56	3.13
<b>8</b>	8.76	6.25	5.39	4.70	4.14
<b>10</b>	10.89	7.77	6.70	5.84	5.14
<b>12</b>	13.02	9.29	8.01	6.98	6.15
<b>14</b>	15.15	10.81	9.32	8.13	7.15

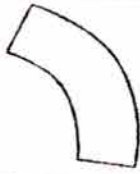
Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.8 - Longitudes Equivalentes (m) de Codo de 45°**

	$Le = [ 0.38 \Phi + 0.02 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.29	0.21	0.18	0.16	0.14
<b>3/4</b>	0.43	0.31	0.26	0.23	0.20
<b>1</b>	0.56	0.40	0.34	0.30	0.26
<b>1 1/4</b>	0.69	0.50	0.43	0.37	0.33
<b>1 1/2</b>	0.83	0.59	0.51	0.44	0.39
<b>2</b>	1.09	0.78	0.67	0.59	0.52
<b>2 1/2</b>	1.36	0.97	0.84	0.73	0.64
<b>3</b>	1.63	1.16	1.00	0.87	0.77
<b>4</b>	2.16	1.54	1.33	1.16	1.02
<b>6</b>	3.22	2.30	1.98	1.73	1.52
<b>8</b>	4.29	3.06	2.64	2.30	2.03
<b>10</b>	5.35	3.82	3.29	2.87	2.53
<b>12</b>	6.42	4.58	3.95	3.44	3.03
<b>14</b>	7.48	5.34	4.61	4.02	3.53


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro Nº 2.9 - Longitudes Equivalentes (m) de Curva 90° R/D = 1 1/2**

	$Le = [ 0.30 \Phi + 0.04 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.27	0.19	0.16	0.14	0.13
<b>3/4</b>	0.37	0.27	0.23	0.20	0.18
<b>1</b>	0.48	0.34	0.29	0.26	0.23
<b>1 1/4</b>	0.58	0.42	0.36	0.31	0.27
<b>1 1/2</b>	0.69	0.49	0.42	0.37	0.32
<b>2</b>	0.90	0.64	0.55	0.48	0.42
<b>2 1/2</b>	1.11	0.79	0.68	0.59	0.52
<b>3</b>	1.32	0.94	0.81	0.71	0.62
<b>4</b>	1.74	1.24	1.07	0.93	0.82
<b>6</b>	2.58	1.84	1.59	1.38	1.22
<b>8</b>	3.42	2.44	2.10	1.83	1.61
<b>10</b>	4.26	3.04	2.62	2.29	2.01
<b>12</b>	5.10	3.64	3.14	2.74	2.41
<b>14</b>	5.94	4.24	3.66	3.19	2.81


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro Nº 2.10 - Longitudes Equivalentes (m) de Curva 90° R/D = 1**

	$Le = [ 0.39 \Phi + 0.11 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.43	0.31	0.26	0.23	0.20
<b>3/4</b>	0.56	0.40	0.35	0.30	0.27
<b>1</b>	0.70	0.50	0.43	0.38	0.33
<b>1 1/4</b>	0.84	0.60	0.52	0.45	0.40
<b>1 1/2</b>	0.97	0.70	0.60	0.52	0.46
<b>2</b>	1.25	0.89	0.77	0.67	0.59
<b>2 1/2</b>	1.52	1.09	0.94	0.82	0.72
<b>3</b>	1.79	1.28	1.10	0.96	0.85
<b>4</b>	2.34	1.67	1.44	1.26	1.11
<b>6</b>	3.43	2.45	2.11	1.84	1.62
<b>8</b>	4.53	3.23	2.79	2.43	2.14
<b>10</b>	5.62	4.01	3.46	3.02	2.65
<b>12</b>	6.71	4.79	4.13	3.60	3.17
<b>14</b>	7.80	5.57	4.80	4.19	3.69


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.11 - Longitudes Equivalentes (m) de Curva 45°**

	$Le = [ 0.18 \Phi + 0.06 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.21	0.15	0.13	0.11	0.10
<b>3/4</b>	0.27	0.20	0.17	0.15	0.13
<b>1</b>	0.34	0.24	0.21	0.18	0.16
<b>1 1/4</b>	0.40	0.29	0.25	0.21	0.19
<b>1 1/2</b>	0.46	0.33	0.28	0.25	0.22
<b>2</b>	0.59	0.42	0.36	0.32	0.28
<b>2 1/2</b>	0.71	0.51	0.44	0.38	0.34
<b>3</b>	0.84	0.60	0.52	0.45	0.40
<b>4</b>	1.09	0.78	0.67	0.59	0.52
<b>6</b>	1.60	1.14	0.98	0.86	0.75
<b>8</b>	2.10	1.50	1.29	1.13	0.99
<b>10</b>	2.61	1.86	1.60	1.40	1.23
<b>12</b>	3.11	2.22	1.91	1.67	1.47
<b>14</b>	3.61	2.58	2.22	1.94	1.71

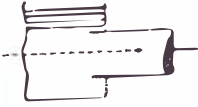
Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.12 - Longitudes Equivalentes (m) de Entrada Normal**

	$Le = [ 0.46 \Phi - 0.08 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.21	0.15	0.13	0.11	0.10
<b>3/4</b>	0.37	0.27	0.23	0.20	0.18
<b>1</b>	0.53	0.38	0.33	0.29	0.25
<b>1 1/4</b>	0.69	0.50	0.43	0.37	0.33
<b>1 1/2</b>	0.85	0.61	0.53	0.46	0.40
<b>2</b>	1.18	0.84	0.72	0.63	0.56
<b>2 1/2</b>	1.50	1.07	0.92	0.80	0.71
<b>3</b>	1.82	1.30	1.12	0.98	0.86
<b>4</b>	2.47	1.76	1.52	1.32	1.16
<b>6</b>	3.76	2.68	2.31	2.02	1.77
<b>8</b>	5.04	3.60	3.10	2.71	2.38
<b>10</b>	6.33	4.52	3.90	3.40	2.99
<b>12</b>	7.62	5.44	4.69	4.09	3.60
<b>14</b>	8.91	6.36	5.48	4.78	4.21


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.13 - Longitudes Equivalentes (m) de Entrada de Borda**

	$Le = [ 0.77 \Phi - 0.04 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	COEFICIENTES				
$\Phi''$	100	120	130	140	150
1/2	0.48	0.35	0.30	0.26	0.23
3/4	0.75	0.54	0.46	0.40	0.36
1	1.02	0.73	0.63	0.55	0.48
1 1/4	1.29	0.92	0.80	0.69	0.61
1 1/2	1.56	1.12	0.96	0.84	0.74
2	2.10	1.50	1.29	1.13	0.99
2 1/2	2.64	1.89	1.63	1.42	1.25
3	3.18	2.27	1.96	1.71	1.50
4	4.26	3.04	2.62	2.29	2.01
6	6.42	4.58	3.95	3.44	3.03
8	8.58	6.12	5.28	4.60	4.05
10	10.73	7.66	6.61	5.76	5.07
12	12.89	9.20	7.93	6.92	6.09
14	15.05	10.74	9.26	8.08	7.11


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.14 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Compuerta Abierta**

	$Le = [ 0.17 \Phi + 0.03 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	COEFICIENTES				
$\Phi''$	100	120	130	140	150
1/2	0.16	0.12	0.10	0.09	0.08
3/4	0.22	0.16	0.14	0.12	0.10
1	0.28	0.20	0.17	0.15	0.13
1 1/4	0.34	0.24	0.21	0.18	0.16
1 1/2	0.40	0.29	0.25	0.21	0.19
2	0.52	0.37	0.32	0.28	0.24
2 1/2	0.64	0.46	0.39	0.34	0.30
3	0.76	0.54	0.47	0.41	0.36
4	0.99	0.71	0.61	0.53	0.47
6	1.47	1.05	0.91		
8	1.95	1.39	1.20		
10	2.42	1.73	1.49		
12	2.90	2.07	1.79		
14	3.38	2.41	2.08		


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.15 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Globo Abierta**

	$Le = [ 8.44 \Phi + 0.5 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	6.61	4.72	4.07	3.55	3.12
<b>3/4</b>	9.57	6.83	5.89	5.14	4.52
<b>1</b>	12.53	8.94	7.71	6.72	5.92
<b>1 1/4</b>	15.48	11.05	9.53	8.31	7.31
<b>1 1/2</b>	18.44	13.16	11.35	9.89	8.71
<b>2</b>	24.35	17.38	14.99	13.07	11.50
<b>2 1/2</b>	30.26	21.60	18.63	16.24	14.29
<b>3</b>	36.18	25.82	22.27	19.41	17.09
<b>4</b>	48.00	34.26	29.54	25.76	22.67
<b>6</b>	71.65	51.14	44.10		
<b>8</b>	95.31	68.02	58.66		
<b>10</b>	118.96	84.90	73.21		
<b>12</b>	142.61	101.78	87.77		
<b>14</b>	166.26	118.66	102.33		


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.16 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Ángulo Abierta**

	$Le = [ 4.27 \Phi + 0.25 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	3.34	2.39	2.06	1.79	1.58
<b>3/4</b>	4.84	3.45	2.98	2.60	2.28
<b>1</b>	6.33	4.52	3.90	3.40	2.99
<b>1 1/4</b>	7.83	5.59	4.82	4.20	3.70
<b>1 1/2</b>	9.32	6.66	5.74	5.00	4.40
<b>2</b>	12.32	8.79	7.58	6.61	5.82
<b>2 1/2</b>	15.31	10.93	9.42	8.21	7.23
<b>3</b>	18.30	13.06	11.26	9.82	8.64
<b>4</b>	24.28	17.33	14.94	13.03	11.47
<b>6</b>	36.25	25.87	22.31		
<b>8</b>	48.21	34.41	29.67		
<b>10</b>	60.18	42.95	37.04		
<b>12</b>	72.15	51.49	44.40		
<b>14</b>	84.11	60.03	51.77		


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.17 - Longitudes Equivalentes (m) de Tee Paso Directo Normal**

	$Le = [ 0.53 \Phi + 0.04 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.43	0.31	0.26	0.23	0.20
<b>3/4</b>	0.61	0.44	0.38	0.33	0.29
<b>1</b>	0.80	0.57	0.49	0.43	0.38
<b>1 1/4</b>	0.98	0.70	0.61	0.53	0.46
<b>1 1/2</b>	1.17	0.84	0.72	0.63	0.55
<b>2</b>	1.54	1.10	0.95	0.83	0.73
<b>2 1/2</b>	1.91	1.37	1.18	1.03	0.90
<b>3</b>	2.28	1.63	1.41	1.23	1.08
<b>4</b>	3.03	2.16	1.86	1.62	1.43
<b>6</b>	4.51	3.22	2.78		
<b>8</b>	6.00	4.28	3.69		
<b>10</b>	7.48	5.34	4.61		
<b>12</b>	8.97	6.40	5.52		
<b>14</b>	10.45	7.46	6.43		

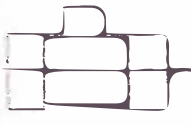
Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.18 - Longitudes Equivalentes (m) de Tee Paso de Lado y Salida Bilateral**

	$Le = [ 1.56 \Phi + 0.37 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	1.61	1.15	0.99	0.86	0.76
<b>3/4</b>	2.16	1.54	1.33	1.16	1.02
<b>1</b>	2.70	1.93	1.66	1.45	1.28
<b>1 1/4</b>	3.25	2.32	2.00	1.74	1.54
<b>1 1/2</b>	3.80	2.71	2.34	2.04	1.79
<b>2</b>	4.89	3.49	3.01	2.62	2.31
<b>2 1/2</b>	5.98	4.27	3.68	3.21	2.83
<b>3</b>	7.08	5.05	4.35	3.80	3.34
<b>4</b>	9.26	6.61	5.70	4.97	4.37
<b>6</b>	13.63	9.73	8.39		
<b>8</b>	18.00	12.85	11.08		
<b>10</b>	22.38	15.97	13.77		
<b>12</b>	26.75	19.09	16.46		
<b>14</b>	31.12	22.21	19.15		


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro Nº 2.19 - Longitudes Equivalentes (m) de Tee Paso Directo con Reducción**

	$Le = [ 0.56 \Phi + 0.33 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.85	0.61	0.53	0.46	0.40
<b>3/4</b>	1.05	0.75	0.65	0.56	0.50
<b>1</b>	1.25	0.89	0.77	0.67	0.59
<b>1 1/4</b>	1.44	1.03	0.89	0.77	0.68
<b>1 1/2</b>	1.64	1.17	1.01	0.88	0.77
<b>2</b>	2.03	1.45	1.25	1.09	0.96
<b>2 1/2</b>	2.42	1.73	1.49	1.30	1.14
<b>3</b>	2.82	2.01	1.73	1.51	1.33
<b>4</b>	3.60	2.57	2.22	1.93	1.70
<b>6</b>	5.17	3.69	3.18	2.77	2.44
<b>8</b>	6.74	4.81	4.15	3.62	3.18
<b>10</b>	8.31	5.93	5.11	4.46	3.92
<b>12</b>	9.88	7.05	6.08	5.30	4.67
<b>14</b>	11.45	8.17	7.05	6.14	5.41

Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona


**Cuadro Nº 2.20 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Pie con Coladera**

	$Le = [ 6.38 \Phi + 0.4 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	5.03	3.59	3.10	2.70	2.38
<b>3/4</b>	7.26	5.19	4.47	3.90	3.43
<b>1</b>	9.50	6.78	5.85	5.10	4.49
<b>1 1/4</b>	11.73	8.38	7.22	6.30	5.54
<b>1 1/2</b>	13.97	9.97	8.60	7.50	6.60
<b>2</b>	18.44	13.16	11.35	9.89	8.71
<b>2 1/2</b>	22.91	16.35	14.10	12.29	10.82
<b>3</b>	27.38	19.54	16.85	14.69	12.93
<b>4</b>	36.32	25.92	22.35	19.49	17.15
<b>6</b>	54.20	38.68	33.36		
<b>8</b>	72.08	51.44	44.36		
<b>10</b>	89.95	64.20	55.36		
<b>12</b>	107.83	76.96	66.37		
<b>14</b>	125.71	89.72	77.37		

Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona




**Cuadro N° 2.21 - Longitudes Equivalentes (m) de Salida de Tubería**

	$Le = [ 0.77 \Phi + 0.04 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.60	0.43	0.37	0.32	0.28
<b>3/4</b>	0.87	0.62	0.53	0.46	0.41
<b>1</b>	1.13	0.81	0.70	0.61	0.54
<b>1 1/4</b>	1.40	1.00	0.86	0.75	0.66
<b>1 1/2</b>	1.67	1.20	1.03	0.90	0.79
<b>2</b>	2.21	1.58	1.36	1.19	1.05
<b>2 1/2</b>	2.75	1.97	1.69	1.48	1.30
<b>3</b>	3.29	2.35	2.03	1.77	1.56
<b>4</b>	4.37	3.12	2.69	2.35	2.06
<b>6</b>	6.53	4.66	4.02	3.50	3.08
<b>8</b>	8.69	6.20	5.35	4.66	4.10
<b>10</b>	10.84	7.74	6.67	5.82	5.12
<b>12</b>	13.00	9.28	8.00	6.98	6.14
<b>14</b>	15.16	10.82	9.33	8.14	7.16


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.22 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Retención tipo Liviano**

	$Le = [ 2.0 \Phi + 0.2 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	1.68	1.20	1.03	0.90	0.79
<b>3/4</b>	2.38	1.70	1.47	1.28	1.13
<b>1</b>	3.08	2.20	1.90	1.65	1.46
<b>1 1/4</b>	3.78	2.70	2.33	2.03	1.79
<b>1 1/2</b>	4.48	3.20	2.76	2.41	2.12
<b>2</b>	5.88	4.20	3.62	3.16	2.78
<b>2 1/2</b>	7.29	5.20	4.48	3.91	3.44
<b>3</b>	8.69	6.20	5.35	4.66	4.10
<b>4</b>	11.49	8.20	7.07		
<b>6</b>	17.09	12.20	10.52		
<b>8</b>	22.70	16.20	13.97		
<b>10</b>	28.30	20.20	17.42		
<b>12</b>	33.91	24.20	20.87		
<b>14</b>	39.51	28.20	24.32		


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro Nº 2.23 - Longitudes Equivalentes (m) de Válvula de Retención tipo Pesado**

	$Le = [ 3.2 \Phi + 0.03 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	2.28	1.63	1.41	1.23	1.08
<b>3/4</b>	3.40	2.43	2.10	1.83	1.61
<b>1</b>	4.53	3.23	2.79	2.43	2.14
<b>1 1/4</b>	5.65	4.03	3.48	3.03	2.67
<b>1 1/2</b>	6.77	4.83	4.17	3.63	3.20
<b>2</b>	9.01	6.43	5.54	4.83	4.26
<b>2 1/2</b>	11.25	8.03	6.92		
<b>3</b>	13.49	9.63	8.30		
<b>4</b>	17.98	12.83	11.06		
<b>6</b>	26.94	19.23	16.58		
<b>8</b>	35.91	25.63	22.10		
<b>10</b>	44.88	32.03	27.62		
<b>12</b>	53.85	38.43	33.14		
<b>14</b>	62.81	44.83	38.66		


Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro Nº 2.24 - Longitudes Equivalentes (m) de Reducción**

	$Le = [ 0.15 \Phi + 0.01 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b><math>\Phi''</math></b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.12	0.09	0.07	0.06	0.06
<b>3/4</b>	0.17	0.12	0.11	0.09	0.08
<b>1</b>	0.22	0.16	0.14	0.12	0.11
<b>1 1/4</b>	0.28	0.20	0.17	0.15	0.13
<b>1 1/2</b>	0.33	0.24	0.20	0.18	0.16
<b>2</b>	0.43	0.31	0.27	0.23	0.21
<b>2 1/2</b>	0.54	0.39	0.33	0.29	0.25
<b>3</b>	0.64	0.46	0.40	0.35	0.30
<b>4</b>	0.85	0.61	0.53	0.46	0.40
<b>6</b>	1.28	0.91	0.78	0.68	0.60
<b>8</b>	1.70	1.21	1.04	0.91	0.80
<b>10</b>	2.12	1.51	1.30	1.14	1.00
<b>12</b>	2.54	1.81	1.56	1.36	1.20
<b>14</b>	2.96	2.11	1.82	1.59	1.40

Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

**Cuadro N° 2.25 - Longitudes Equivalentes (m) de Ampliación**

	$Le = [ 0.31 \Phi + 0.01 ] ( 120 / C )^{1.85}$				
	<b>COEFICIENTES</b>				
<b>Φ"</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>130</b>	<b>140</b>	<b>150</b>
<b>1/2</b>	0.23	0.17	0.14	0.12	0.11
<b>3/4</b>	0.34	0.24	0.21	0.18	0.16
<b>1</b>	0.45	0.32	0.28	0.24	0.21
<b>1 1/4</b>	0.56	0.40	0.34	0.30	0.26
<b>1 1/2</b>	0.67	0.48	0.41	0.36	0.31
<b>2</b>	0.88	0.63	0.54	0.47	0.42
<b>2 1/2</b>	1.10	0.79	0.68	0.59	0.52
<b>3</b>	1.32	0.94	0.81	0.71	0.62
<b>4</b>	1.75	1.25	1.08	0.94	0.83
<b>6</b>	2.62	1.87	1.61	1.41	1.24
<b>8</b>	3.49	2.49	2.15	1.87	1.65
<b>10</b>	4.36	3.11	2.68	2.34	2.06
<b>12</b>	5.23	3.73	3.22	2.80	2.47
<b>14</b>	6.10	4.35	3.75	3.27	2.88

Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

#### 2.4.6 Procedimiento para cálculo de diámetros de Alimentadores

- Se grafica un esquema vertical de alimentadores, teniendo en cuenta que cada alimentador debe abastecer con el menor recorrido a los diferentes servicios higiénicos. Generalmente en edificios los baños se ubican cerca tratando de formar bloques y un mismo plano vertical! esto facilita el diseño y colocación de la red de abastecimiento de agua.
- Para cada alimentador se calcula unidades de gasto (U.H.) usando la tabla de Hunter (cuadro N° 2.2) y los gastos acumulados, desde abajo hacia arriba, anotando el gasto total a nivel de plano de azotea. Se agrupan los alimentadores de forma de obtener una distribución racional de agua.
- Determinar el punto de consumo más desfavorable, teniendo en cuenta que es el que corresponde al más alejado horizontalmente desde el tanque elevado y el que tiene menor altura estática con respecto al nivel mínimo de agua del tanque elevado.

### 2.4.7 Cálculo de Presión en el punto de consumo más desfavorable

Se determina el máximo gradiente hidráulico disponible (S máx.) considerando el ramal de distribución que abastece al punto de consumo más desfavorable. La S máx. nos representa el cociente entre la altura disponible y la longitud equivalente.

La altura disponible se obtiene de restar la presión mínima requerida a la altura estática entre el punto de consumo más desfavorable y la altura mínima de agua del tanque elevado.

La longitud equivalente comprende la longitud real de tubería a la que se aumenta un determinado porcentaje de pérdida de carga por accesorios estimándose éste en un 20% como un primer tanteo y para simplicidad de los cálculos.

**Cuadro N° 2.26 - Presiones recomendadas en Aparatos Sanitarios**

Aparato Sanitario	Recomendada			Mínima			Diámetro Conexión
	m.c.a.	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	m.c.a.	kg/cm <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	
Inodoro Fluxómetro	10.33	1.03	14.70	7.70	0.77	10.96	1"
Inodoro Tanque	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	½"
Urinario de Fluxómetro	10.33	1.03	14.70	7.70	0.77	10.96	¾ -1"
Urinario de llave	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	½"
Vertederos	3.50	0.35	4.98	2.00	0.20	2.85	½"
Duchas	10.33	1.03	14.70	2.00	0.20	2.85	½"
Lavamanos	5.00	0.50	7.12	2.00	0.20	2.85	½"
Lavadoras	7.00	0.70	9.96	2.80	0.28	3.98	½"
Bidé	5.00	0.50	7.12	2.00	0.20	2.85	½"
Lavadero	4.00	0.40	5.69	2.00	0.20	2.85	½"
Lavaplatos	2.00	0.20	2.85	2.00	0.20	2.85	½"

Fuente: Agua, desagüe y gas para Edificaciones – Rafael Pérez Carmona

Obtener con la  $S$  máx., el gasto correspondiente y  $C= 150$  los diámetros de cada tramo. Estos diámetros son teóricos por lo que hay que considerar los diámetros comerciales.

Con los diámetros comerciales y los gastos respectivos, calculamos la gradiente hidráulica real ( $S$  real) para cada tramo.

Calculamos la pérdida de carga real ( $h$  real) multiplicando la longitud equivalente ( $L_e$ ) por la gradiente hidráulica real ( $S$  real).

Calculamos la presión en el punto de consumo más desfavorable descontando a la altura estática total las pérdidas de carga en todos los tramos.

Notaremos que al aumentar la altura estática a un piso inferior también aumenta la presión. Finalmente verificamos que la presión obtenida en el punto más desfavorable sea mayor que la presión mínima requerida, de lo contrario será necesario reajustar los diámetros.

## CAPITULO 3: APLICACIÓN PRÁCTICA – DISEÑO DE SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

Tal como se expuso en las alternativas de diseño de sistemas de abastecimiento, una edificación puede tener un sistema de agua directo, en cuyo caso no requiere de cisterna ni tanque elevado, pero para esto necesitamos que la presión de red pública sea suficiente para que el agua pueda llegar al aparato más desfavorable con una presión mínima de salida y que la empresa de agua pueda proporcionarnos la conexión domiciliaria del diámetro que se requiere para esta instalación, diámetros que en muchos casos son bastante grandes. Es así como la imposibilidad de cualquiera de estas dos condiciones de diseño nos obliga a optar por utilizar un sistema indirecto de abastecimiento. Otro condicionante es la altura de la edificación la cual nos orienta a usar el sistema de cisterna, tanque elevado y equipo de bombeo. Se descartó el uso de tanque hidroneumático por ser costoso para edificaciones de esta altura y además de ser desventajoso en el caso de corte de fluido eléctrico lo cual es común en dicha zona.

### 3.1 Dotación Diaria

Se muestra a continuación la Dotación Diaria calculada de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones para nuestro proyecto de vivienda, Torre Beta. Tomando en cuenta la dotación por departamentos según el número de dormitorios, áreas de parques de estacionamiento, áreas de destinadas a depósito y otros, en el Cuadro N° 3.1 se resume los cálculos realizado para obtener la dotación diaria.

**Cuadro N° 3.1 – Cálculo de Dotación Diaria**

Item.	Descripción	Dotación (l/día)
Primer Piso	2 Dpto. x 850 l/día	1700
Segundo Piso	3 Dpto. x 850 l/día	2250
Piso Típico (3ero. Al 10mo.)	2250 x 8 nivel	20400
Áreas de Estacionamiento	187.5 m <sup>2</sup> x 2 l/día	375
Áreas Verdes	84.5 m <sup>2</sup> x 2 l/día	167
Áreas de Depósitos u Almacenes	29.08 m <sup>2</sup> x 0.5 l/día	14.54

Luego de realizar este resumen se obtiene una Dotación Diaria Total igual a 25.208 l/día

### 3.2 Almacenamiento

Debido a la altura de la torre Beta de la Residencial Prado Alto el suministro de agua será por medio del sistema indirecto (ver Figura N° 2.4). Este sistema permite el almacenamiento de agua y las presiones son más constantes. Para este propósito fue necesario calcular los volúmenes correspondientes a cisternas y tanques elevados.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones el volumen de las cisternas de almacenamiento de agua se determinará tomando tres cuartos del volumen de dotación de litro por día de consumo siendo el volumen mínimo 1 m<sup>3</sup>. Además de este volumen, para el proyecto se ha adicionado 25 m<sup>3</sup> como dotación de agua contra incendios. Estas consideraciones dan un volumen de 38 m<sup>3</sup> en total. La cisterna estará ubicada al lado de la rampa de acceso al sótano en la esquina de dicha avenida con el Jiron Catari siendo sus dimensiones 3.9 ml. de largo por 4.3 ml. de ancho, la altura de agua es 2.3 metros con un borde libre de 40 cm. También se considera un cuarto de máquinas o cámara seca de 6.5 m<sup>2</sup> con acceso desde el estacionamiento de visitas por una escalera de gato.

$$\boxed{\text{Volumen Cisterna} = 3/4 * \text{Dotación}}$$

$$\text{Volumen Cisterna} = 3/4 \times (25.208 + 25.000) = 37.656 \text{ litro} \approx 38.0 \text{ m}^3$$

$$\boxed{\text{Volumen Tanque Elevado} = 1/3 * \text{Dotación}}$$

$$\text{Volumen de Tanque Elevado} = 1/3 \times 25.208 = 8.402 \text{ litros} \approx 9.0 \text{ m}^3$$

La ubicación del tanque elevado será sobre la caja de la escalera y apoyado directamente sobre sus columnas y a 3 metros por encima del nivel de techo, altura que permite asegurar una presión suficiente para el abastecimiento en el punto mas desfavorable.

### 3.3 Máxima Demanda Simultánea

Es el caudal máximo probable de agua en una vivienda, edificio o sección del edificio y se expresa en lt/seg. Este valor se utiliza para el cálculo de las tuberías de la red de distribución de agua.

El Reglamento Nacional de Edificaciones IS010 establece que los diámetros de las tuberías de distribución se calcularán con el método Hunter (método de Gastos Probables).

**Cuadro N° 3.2 – Unidades de Gastos en Torre Beta**

Nro.	Aparatos sanitarios	Unidades de Gasto (U.H.)
29	Lavaderos de ropa	87
78	Inodoros	234
78	Lavatorios	78
39	Ducha	78
19	Tina	38
29	Lavadero de Cocina	87
1	Bebedero	1
1	Grifo de Riego	2

El Cuadro N° 3.2 resume las Unidades de Gastos en la Torre Beta dando como resultado total 605 U.H. Luego recurrimos al Cuadro N° 3.3 donde interpolamos valores obteniendo el Gasto Probable igual a 5.39 L/s.



**Cuadro N° 3.3 – Gastos Probables para aplicación del Método Hunter**

N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable
	tanque	válvula		tanque	Válvula		
3	0.12	-	120	1.83	2.72	1100	8.27
4	0.16	-	130	1.91	2.80	1200	8.70
5	0.23	0.91	140	1.98	2.85	1300	9.15
6	0.25	0.94	150	2.06	2.95	1400	9.56
7	0.28	0.97	160	2.14	3.04	1500	9.90
8	0.29	1.00	170	2.22	3.12	1600	10.42
9	0.32	1.03	180	2.29	3.20	1700	10.85
10	0.34	1.06	190	2.37	3.25	1800	11.25
12	0.38	1.12	200	2.45	3.36	1900	11.71
14	0.42	1.17	210	2.53	3.44	2000	12.14
16	0.46	1.22	220	2.60	3.51	2100	12.57
18	0.50	1.27	230	2.65	3.58	2200	13.00
20	0.54	1.33	240	2.75	3.65	2300	13.42
22	0.58	1.37	250	2.84	3.71	2400	13.86
24	0.61	1.42	260	2.91	3.79	2500	14.29
26	0.67	1.45	270	2.99	3.87	2600	14.71
28	0.71	1.51	280	3.07	3.94	2700	15.12
30	0.75	1.55	290	3.15	4.04	2800	15.53
32	0.79	1.59	300	3.32	4.12	2900	15.97
34	0.82	1.63	320	3.37	4.24	3000	16.20
36	0.85	1.67	340	3.52	4.35	3100	16.51
38	0.88	1.70	380	3.67	4.46	3200	17.23
40	0.91	1.74	390	3.83	4.60	3300	17.85
42	0.95	1.78	400	3.97	4.72	3400	18.07
44	1.00	1.82	420	4.12	4.84	3500	18.40
46	1.03	1.84	440	4.27	4.96	3600	18.91
48	1.09	1.92	460	4.42	5.08	3700	19.23
50	1.13	1.97	480	4.57	5.20	3800	19.75
55	1.19	2.04	500	4.71	5.31	3900	20.17
60	1.25	2.11	550	5.02	5.57	4000	20.50
65	1.31	2.17	600	5.34	5.83	PARA EL NUMERO DE UNIDADES DE ESTA COLUMNA ES INDIFERENTE QUE LOS APARATOS SEAN DE TANQUE O VALVULA	
70	1.36	2.23	650	5.85	6.09		
75	1.41	2.29	700	5.95	6.35		
80	1.45	2.35	750	6.20	6.61		
85	1.50	2.40	800	6.60	6.84		
90	1.56	2.45	850	6.91	7.11		
95	1.62	2.50	900	7.22	7.36		
100	1.67	2.55	950	7.53	7.61		
110	1.75	2.60	1000	7.84	7.85		

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS. 010

### 3.4 Equipos de Bombeo

Para el Proyecto de Vivienda Residencial Prado Alto, el cual consta de 3 bloques de torres, ambas con sistemas de abastecimiento independientes. La distribución esta en relación al consumo promedio de todos los servicios y con ello se obtiene el caudal de los equipos de bombeo. La potencia de los equipos de bombeo esta relacionado con el Caudal del Bombeo ( $Q_b$ ) en l/s, la Altura Dinámica Total (ADT) en m. y la eficiencia de la bomba ( $n$ ) en porcentaje. Las unidades están caballos de fuerza (HP, Horse Power).

$$HP = \frac{Q_b * ADT}{75 * n}$$

#### 3.4.1 Caudal de Bombeo

El Caudal de Bombeo ( $Q_{\text{bombeo}}$ ) en edificaciones mayores a 3 pisos el caudal de bombeo resulta ser el mayor valor entre el Caudal de Llenado ( $Q_{LL} = \text{Volumen tanque elevado} / \text{tiempo de llenado}$ ) y el Caudal de Máxima Demanda Simultanea ( $Q_{\text{mds}}$ ) que se obtiene de las unidades Hunter (U.H.). Para el cálculo del caudal de llenado se considera el tiempo de 1 a 2 horas expresadas en segundos. Dando como resultado un Caudal de Llenado igual 1.25 l/s. siendo menor que el Caudal de Máxima Demanda Simultanea. Por lo tanto el Caudal de Bombeo es 5.39 l/s.

$$\text{Caudal de Llenado } (Q_{LL}) = \frac{\text{Vol. Tanque elevado}}{\text{Tiempo de Llenado}}$$

$$\text{Caudal de Llenado} = 9,0 \times 1000 / 2 \times 60 \times 60 = 1.25 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de Máxima Demanda Simultanea} = 5.39 \text{ l/s}$$

$$\text{Caudal de Bombeo} = 5.39 \text{ l/s}$$

Una vez definido el caudal del bombeo el paso siguiente será determinar la Altura Dinámica Total, que es la sumatoria de la Altura de Succión mas la Altura de Impulsión mas las Pérdidas de Carga de ambas y la Presión de Servicio, la cual según RNE debe ser mínimo 2 m. De esta forma se obtuvo para nuestro proyecto una altura de 39.21 m., a partir de de este dato calculamos la potencia de los equipos de bombeo la cual resultó 5 HP.

Altura Dinámica total =  $H_s + H_i + H_{f\ si} + P_s$

$H_s = -1.2\ m$

$H_i = 10 \times 2.8 + 1.5 + 2.5 + 4.15 = 36.65\ m$

$H_{f\ si} = 1.76\ m$

$P_s = 2.0\ m$

$ADT = -1.2 + 36.65 + 1.76 + 2 = 39.21\ m$

$Q\ \text{bombeo} = 5.39\ l/s$

$n = 0.60$

$HP = (5.39 \times 39.21) / (75 \times 0.6) = 4.69 \approx 5.0\ HP$

### 3.4.2 Tubería de Impulsión y Succión

La tubería de succión es la que transporta el agua desde la cisterna hacia la bomba y luego es proyectada al tanque elevado a través de la tubería de impulsión. El diámetro de la tubería de succión es el inmediatamente superior a la tubería de impulsión Tomando los datos de Caudal de Bombeo y considerando el Cuadro N° 3.4 se obtienen un diámetros de tubería de impulsión igual a 62.5 mm. (2 1/2") y de tubería de succión igual 75 mm. (3").

**Cuadro N° 3.4 - Diámetro de Tubería de Impulsión**

Gasto de bombeo (litros / segundo)	Diámetro de Tubería Impulsión (pulg.)
Hasta 0.50	3/4"
Hasta 1.00	1"
Hasta 1.60	1 1/4"
Hasta 3.00	1 1/2"
Hasta 5.00	2"
Hasta 8.00	2 1/2"
Hasta 15.00	3"
Hasta 25.00	4"

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS. 010

Luego de realizar todos los cálculos necesarios para hallar la potencia a continuación presentamos el siguiente Cuadro N° 3.5 resumen de especificaciones técnicas del equipo de bombeo.

### Cuadro N° 3.5 - Especificaciones Técnicas de Bomba -Torre Beta

Caudal de Bombeo	5.39 lps - 84.04 GPM
Altura Dinámica Total	39.21 mca - 59.32 PSI
Potencia aproximada del Motor	5.0 HP
Diámetro de Succión	3"
Diámetro de Impulsión	2 1/2"
Frecuencia	60 ciclos
Voltaje	220 voltios

### 3.5 Otros Cálculos Complementarios

#### 3.5.1 Tubería de Rebose

La Tubería de rebose, se coloca al nivel de aguas máximas, para que en caso de malograrse a válvula flotadora el agua tenga una descarga externa, según el Reglamento Nacional de Edificaciones IS.010 según se muestra en el Cuadro N° 3.6 el diámetro de la tubería de rebose, calculado hidráulicamente, esta en función al volumen del depósito de almacenamiento. Para el proyecto el diámetro de la tubería de rebose de la cisterna será 150 mm. (6 Pulg.) y para el tanque elevado tendremos 75 mm. (3 Pulg.).

### Cuadro N° 3.6 - Diámetros de Tubería de Rebose

Capacidad de Almacenamiento (litros)	Diámetro de Tubería de Rebose (Pulg.)
Hasta 5000	2"
5001 a 6000	2 1/2"
6001 a 12000	3"
12000 a 20000	3 1/2"
20000 a 30000	4"
Mayor de 30000	6"

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones IS. 010

### 3.5.2 Tubería de alimentación de Red Pública a la Cisterna

Teniendo en cuenta lo anterior el problema consiste en calcular el gasto de entrada y la carga disponible seleccionándose luego el medidor, tomando en cuenta que la máxima pérdida de carga en el medidor debe ser como máximo del 50% de la carga disponible.

Para el cálculo considerando presión de la red pública igual a 20 libras / pulg<sup>2</sup>

Ps = Presión mínima de salida en la cisterna igual a 2 m.c.a.

Desnivel entre red pública y cisterna igual a 1 m.

Longitud de Línea de Servicio = 20 m

Tiempo de llenado de cisterna = 4 horas

Volumen de Cisterna = 38 m<sup>3</sup>

Gasto de entrada = Volumen de Cisterna / tiempo de llenado  
= 38000 / 4 x 60 x 60 = 2.64 l / s = 41.17 GPM

Carga Disponible:  $H = Pr - Ps - H_T$

Pr = Presión en la red

Ps = Presión de salida

H<sub>T</sub> = altura de red a cisterna

$H = 20 - (2 + 1) \times 1.42 = 15.54 \text{ libras / pulg}^2 = 11 \text{ m.c.a.}$

### 3.5.3 Selección de Medidor

Para muchos autores la máxima pérdida de carga del medidor es el 50% de la carga disponible, esta consideración se tomó en cuenta para los cálculos del proyecto.

$H_m = 50\% H = 0.5 \times 15.54 = 7.87 \text{ libras / pulg}^2$

De acuerdo al Ábaco de medidores tenemos el siguiente Cuadro N° 3.7 que resume los valores de pérdida de carga para diversos diámetros de tubería:

**Cuadro N° 3.7 – Pérdidas de Carga Según el Ábaco de Medidores**

Diámetro	Pérdida de Carga
1"	15.5 libras/ pulg <sup>2</sup> (10.91 m)
1 ½"	4.4 libras/ pulg <sup>2</sup> (3.09 m)
2"	1.9 libras/ pulg <sup>2</sup> (1.34 m)

Fuente: Instalaciones Sanitarias en Edificaciones - Ing. Enrique Jimeno

Seleccionamos el diámetro de medidor = 1 ½”

Pérdida de Carga = 4.4. < 7.87 ok!

### 3.5.6 Selección del Diámetro de Tubería del Alimentador

El medidor ocasiona una pérdida de carga de 4.4 libras / pulg<sup>2</sup> la nueva carga disponible será  $H = 15.74 - 4.4 = 11.34$  libras / pulg<sup>2</sup> = 7.98 m.c.a.

Asumiendo un diámetro de 1 ½” tenemos:

Longitud equivalente por pérdida de carga en accesorios

1 válvula de paso = 0.10 m

1 válvula de compuerta = 0.13 m

2 codos de 90° = 1.20 m

1 tee de reducción = 0.59 m

TOTAL = 2.02 m

Longitud equivalente = 20 + 2.02 = 22.02 m

$$H_f = \frac{1742 (Q/C)^{1.85} L}{D^{4.87}}$$

$H_f = 3.02$  libras / pulg<sup>2</sup>       $H_f < H$  ok!

Diámetro del alimentador = 1 ½”

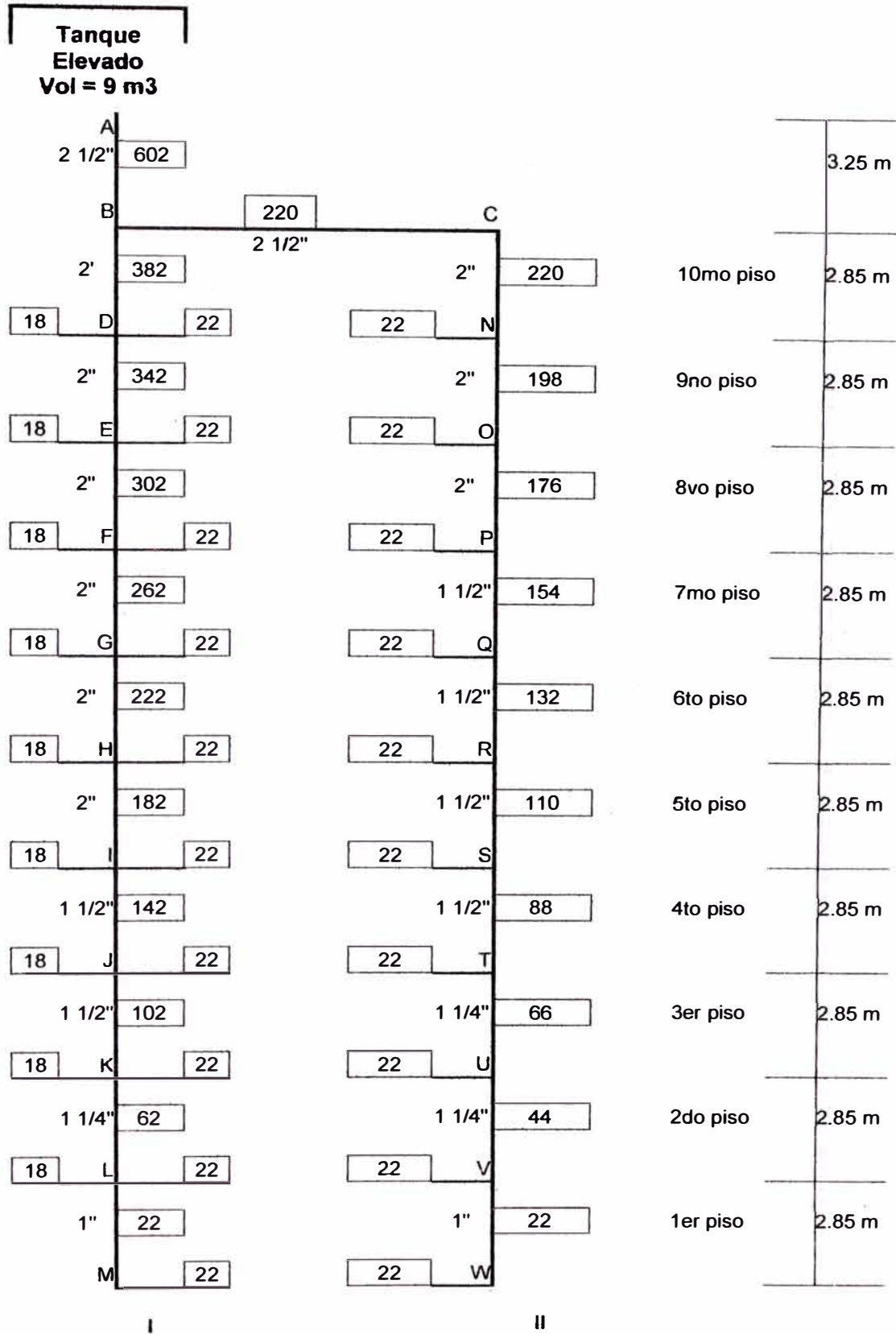
### 3.6 Diseño de Red de Distribución

En el siguiente esquema mostramos el resumen del diseño de la red de distribución de agua. Una vez realizada la impulsión hacia el tanque elevado, el agua se distribuye por gravedad a todos los puntos de salida y consumo de la edificación. En nuestro proyecto se definió 2 Alimentadores para distribuir mejor el agua. El primero paso fue definir las alturas de entre piso y distancia horizontales. Una vez terminada esta etapa procedemos a calcular las unidades de gasto para cada tramo de tubería en todos los niveles. Paso siguiente calcular los caudales en base a las unidades de gasto recurriendo al cuadro N° 3.3 , al obtener este dato proponemos un diámetro teórico que luego se va

puliendo junto con los valores máximos de de velocidad en tuberías el cual se muestra en el cuadro N° 2.3. También se calcula las pérdidas de carga considerando las longitudes equivalentes. Estas serán el 20 % de la longitud efectiva del tramo. Tomando en cuenta las pérdidas de cargas se va definiendo diámetros para cada nivel de la edificación y de la misma forma se diseña los ramales de distribución horizontal siempre tomando en cuenta la presión mínima de salida de 2 m.c.a. definida en el Reglamento Nacional de Edificaciones IS.

010

**Figura Nº 3.1 - Esquema Vertical de Diámetro de Alimentadores, Unidades de Gasto**





**Cuadro Nº 3.8 - Resumen de Pérdidas de Carga en Alimentador de Distribución I**

Piso	Tramo	Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Unidades de Gasto (U.H.)	Q (l/s)	D (Pulg.)	S Máx.	V (m/s)	S real	H real	Presión (m.c.a.)
10	AB	3.25	3.90	602	5.39	2 ½	0.098	2.59	0.090	0.353	2.90
	BD	2.85	3.42	382	3.70	2	0.098	2.78	0.134	0.458	5.29
9	DE	2.85	3.42	342	3.53	2	1.795	2.65	0.123	0.419	7.72
8	EF	2.85	3.42	302	3.33	2	2.506	2.50	0.110	0.376	10.19
7	FG	2.85	3.42	262	2.92	2	3.229	2.20	0.086	0.295	12.75
6	GH	2.85	3.42	222	2.61	2	3.977	1.96	0.070	0.240	15.36
5	HI	2.85	3.42	182	2.30	2	4.740	1.73	0.055	0.190	18.02
4	IJ	2.85	3.42	142	1.97	1 ½	5.518	2.63	0.168	0.576	20.29
3	JK	2.85	3.42	102	1.67	1 ½	6.183	2.23	0.125	0.426	22.72
2	KL	2.85	3.42	62	1.27	1 ¼	6.891	2.45	0.183	0.627	24.94
1	LM	2.85	3.42	22	0.58	1	7.541	1.74	0.127	0.434	27.36

**Cuadro N° 3.9 - Resumen de Pérdidas de Carga en Alimentador de Distribución II**

Piso	Tramo	Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Unidades de Gasto (U.H.)	Q (l/s)	D (Pulg.)	S Máx.	V (m/s)	S real	H real	Presión (m.c.a.)
	AB	3.25	3.90	602	5.25	2 ½	0.149	2.53	0.086	0.336	2.91
	BC	27.47	32.96	220	2.60	2	0.149	1.95	0.070	2.294	0.62
10	CN	2.85	3.42	220	2.60	2	0.149	1.95	0.070	0.238	3.23
9	NO	2.85	3.42	198	2.43	2	1.194	1.83	0.062	0.211	5.87
8	OP	2.85	3.42	176	2.26	2	1.965	1.70	0.054	0.184	8.54
7	PQ	2.85	3.42	154	2.06	1 ½	2.745	2.75	0.184	0.628	10.76
6	QR	2.85	3.42	132	1.92	1 ½	3.395	2.57	0.162	0.553	13.06
5	RS	2.85	3.42	110	1.75	1 ½	4.066	2.34	0.136	0.464	15.44
4	ST	2.85	3.42	88	1.54	1 ½	4.764	2.05	0.107	0.365	17.93
3	TU	2.85	3.42	66	1.32	1 ¼	5.490	2.54	0.196	0.670	20.11
2	UV	2.85	3.42	44	1.00	1 ¼	6.128	1.92	0.117	0.401	22.56
1	VW	2.85	3.42	22	0.58	1	6.844	1.74	0.127	0.434	24.97

**Cuadro Nº 3.10 - Resumen de Pérdidas de Carga y Diámetros para el Punto de Consumo más Desfavorable**

Piso	Tramo	Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Unidades de Gasto (U.H.)	Q (l/s)	D (Pulg.)	S Máx.	V (m/s)	S real	H real	Presión (m.c.a.)
	AB	3.25	3.90	602	5.25	2 ½	0.149	2.53	0.086	0.336	2.91
	BC	27.47	32.96	220	2.60	2	0.149	1.95	0.070	2.294	0.62
10	CN	2.85	3.42	220	2.60	2	0.149	1.95	0.070	0.238	3.23
10	N1	2.3	2.76	22	0.58	1	0.149	1.74	0.127	0.350	2.88
10	1-2	0.56	0.67	22	0.58	1	0.149	1.74	0.127	0.085	2.80
10	2-3	2.4	2.88	19	0.52	1	0.149	1.56	0.104	0.298	2.50
10	3-4	1.59	1.91	10	0.34	1	0.149	1.02	0.047	0.090	2.41
10	4-5	1.04	1.25	6	0.25	¾	0.149	1.34	0.109	0.135	2.27
10	5-6	0.74	0.89	6	0.25	¾	0.149	1.34	0.109	0.096	2.18
10	6-7	0.52	0.62	3	0.12	¾	0.149	0.64	0.028	0.017	2.16
10	7-8	1.91	2.29	2	0.12	¾	0.149	0.64	0.028	0.064	2.10

**Cuadro Nº 3.11 - Resumen de Pérdidas de Carga para la Red de Agua Caliente**

Piso	Tramo	Longitud (m)	Longitud Equivalente (m)	Unidades de Gasto (U.H.)	Q (l/s)	D (Pulg.)	S Máx.	V (m/s)	S real	H real	Presión (m.c.a.)
10	1-2	0.56	0.67	22	0.58	1	0.149	1.74	0.127	0.085	2.80
10	2-3	2.30	2.76	19	0.52	1	0.149	1.56	0.104	0.286	2.51
10	3-4	0.80	0.96	3	0.12	¾	0.149	0.64	0.028	0.027	2.49
10	4-5	0.10	0.12	13	0.40	¾	0.149	2.14	0.259	0.031	2.46
10	5-6	0.74	0.89	9	0.32	¾	0.149	1.71	0.171	0.152	2.30
10	6-7	0.44	0.53	6	0.25	¾	0.149	1.34	0.109	0.057	2.25
10	7-8	3.06	3.67	3	0.12	¾	0.149	0.64	0.028	0.102	2.14

## CONCLUSIONES

- El diseño de la Red de Distribución de Agua para el Proyecto Inmobiliario de Vivienda Residencial Prado Alto cumple con las normas establecidas en Reglamento Nacional de Edificaciones y toma las consideraciones de arquitectura y diseño estructural de la edificación asegurando una buena performance a futuro satisfaciendo las necesidades de los habitantes.
- Al terminar los cálculos de pérdida de carga se debe verificar el cumplimiento de las presiones mínimas en los puntos de salida, de no cumplirse esto se puede reajustar el sistema modificando la altura del Tanque Elevado o cambiando los diámetros de tubería, siempre y cuando se cumpla en simultaneo con los parámetros de velocidades máximas.
- El recorrido de los ramales horizontales debe ser lo más corto y directo posible, esto disminuye las pérdidas de carga y permite usar menos materiales lo cual favorece a la economía del proyecto
- A medida que se calcula las presiones en los pisos más bajos notamos que esta aumenta considerablemente, esto se debe a la altura del tanque elevado. En edificaciones de gran altura será necesario colocar válvulas reguladores para evitar que las presiones excesivas dañen a los aparatos sanitarios de los niveles inferiores.

## RECOMENDACIONES

- Cuando se proyecte la ubicación del tanque elevado y la cisterna se debe considerar ubicarlos en el mismo plano vertical. Esto se debe fundamentalmente a las pérdidas de cargas por fricción en tuberías; si hay menos recorrido se obtendrá menos pérdida de carga y así se usará tuberías de menos diámetro por consiguiente reducción de costos.
- La ubicación de la cisterna es fundamental para facilitar el mantenimiento y abastecimiento, por medio de camiones cisternas, en caso de falla de equipo de bombeo o en caso de corte general. Por consiguiente es recomendable ubicarla en zonas de áreas libres como estacionamientos, jardines, patios o zonas de fácil acceso y donde no se comprometa áreas privadas.
- El sistema indirecto: tanque elevado, cisterna y equipo de bombeo, es más recomendable que los otros sistemas indirectos; debido a su autosuficiencia de suministro temporal, en caso de corte de fluido eléctrico. Por ejemplo en un sistema indirecto de tanque hidroneumático el suministro de agua se interrumpe abruptamente cuando hay corte de electricidad en el caso del sistema propuesta para nuestro proyecto nos da varias horas de suministro extra hasta agotar la reserva de agua en el tanque elevado.
- Para facilitar el cálculo se recomienda elaborar hojas de cálculo en Excel que facilite el procedimiento. Sobre todo en redes de distribución a gran escala como en edificios multifamiliares.

## BIBLIOGRAFIA

- Jimeno Blasco, Enrique; Instalaciones Sanitarias en Edificaciones; Capítulo de Ingeniería Sanitaria, Lima, 2005
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento; *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú, 2006.
- Ortiz, Jorge; Instalaciones Sanitarias; Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, 1995.
- Pacheco Zúñiga, Julio. Sencico; El maestro de Obra Tecnología de la Construcción, Lima, 2001.
- Pérez Carmona, Rafael; Agua, Desagüe y Gas para Edificaciones, Quinta Edición, Ecoe Ediciones, Bogotá, 2005.
- Ramos Salazar, Jesús; Costos y Presupuestos en Edificación. Cámara Peruana de la Construcción. Lima, 1998.
- Rivva López, Enrique; Control de Concreto en Obra, Lima, 2004.
- UNI Facultad de Ingeniería Civil; Reglamento de Metrados para obras de Edificaciones, 1999.

## **ANEXOS**

**Anexo 1 - Manual de Diseño de Redes de Distribución de Agua en Edificaciones**

**Anexo 2 - Plano de Red De Distribución de Agua Sótano**

**Anexo 3 - Plano de Red De Distribución de Agua de Primer Nivel**

**Anexo 4 - Plano Red De Distribución de Agua de Nivel Típico**

**Anexo 5 - Plano de Nivel de Techo**

**Anexo 6 - Plano de Detalles**



## **Anexo 1 - Manual de Procedimiento de Diseño de Redes de Distribución de Agua en Edificaciones usando un Sistema Indirecto (Cisterna, Equipo de Bombeo y Tanque Elevado)**

A continuación enumeramos los pasos a seguir en el proceso de diseño:

1. Determinar la Dotación de Agua Fría.- para eso recurrimos la R.N.E. IS. 010.
2. Calcular la Máxima Demanda Simultanea definiendo previamente las Unidades de Gasto (R.N.E. IS. 010 Anexo N° 1 y 3).
3. Calcular los Volúmenes de Almacenamiento tanto de la Cisterna como del Tanque Elevado teniendo en cuenta la Dotación.
4. Calcular el Diámetro de las Tuberías de Rebose considerando el volumen de las Estructuras de Almacenamiento.
5. Calcular el Caudal de Llenado.- considerando un tiempo aproximado de 2 a 4 horas.
6. Calcular el Caudal de Bombeo.
7. Calcular los Diámetros de Tubería de Impulsión y Succión del Equipo de Bombeo teniendo en cuenta el Caudal de Bombeo.
8. Calcular la Potencia del Equipo de Bombeo.
9. Graficar un Esquema Vertical de Unidades de Gasto por Piso y por Alimentadores.
10. Definir el Punto de Consumo más Desfavorable.
11. Usando las Formulas de Hassen y Willians para Pérdidas de Carga y considerando las Velocidades Máximas establecidas en el R.N.E. IS. 010. Se Calcula los diámetros de Tuberías de los Alimentadores por tramos (niveles). Así mismo se determinan las Presiones de Servicio en los distintos niveles según el esquema.
12. Se procede a calcular los Diámetros y Presiones en las Tuberías de los Ramales hasta el Punto de Consumo más Desfavorable. Se verifica que cumpla con la Presión minima de Servicio de 2 m.c.a. establecida en el R.N.E. IS. 010.
13. Si cumplimos con el paso 12 entonces tendremos el diseño terminado. De lo contrario hay que cambiar los diámetros y volver al paso 11