

MANUAL DE PROCEDIMIENTO
PARA EL CALCULO Y SELECCION
DE SISTEMA DE BOMBEO
sistemas hidroneumáticos c.a.

SISTEMAS HIDRONEUMATICOS C.A. DEDICA ESTA PUBLICACION A TODOS LOS PROFESIONALES ,DOCENTES Y ESTUDIANTES DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, QUE EN EL DESARROLLO DE SUS ACTIVIDADES REQUIERAN DE UNA METODOLOGIA DE CALCULO DE SISTEMAS DE BOMBEO PARA EDIFICACIONES.

ESPERAMOS QUE ESTE COMPENDIO SEA UNA HERRAMIENTA UTIL Y DE FACIL MANEJO EN EL DESENVOLVIMIENTO DE SUS LABORES.

25 años a su servicio

INTRODUCCION

El presente trabajo es el resultado de la inquietud de la empresa SISTEMAS HIDRONEUMATICOS C.A., de contar con un manual el cual recopilara la información de manera breve, concisa, clara y precisa de todo lo referente al Cálculo y Selección de Sistemas de Bombeo.

SISTEMAS HIDRONEUMATICOS, C.A. es fundada en 1970, la cual desde entonces ha sido el líder en proyectos, y cálculos y ventas de sistemas de bombeo y/o impulsión de cualquier líquido en Venezuela. Al celebrar sus 25 años de fundada nuestra empresa ha querido contribuir aún más al desarrollo del país, con la publicación de esta obra de consulta que abarca las diferentes áreas básicas, del bombeo de líquidos específicamente, el bombeo de agua. El manual se ha agrupado en 5 capítulos que describen tanto el funcionamiento como el cálculo de los diferentes medios mecánicos utilizados para bombear agua.

El Capítulo I comprende lo referente a los cuatro métodos principales para la determinación de la dotación así como también los caudales de bombeo a las diferentes redes de distribución de agua.

El Capítulo II presenta de manera resumida las fórmulas y tablas para el cálculo de las presiones requeridas así como también las pérdidas de las mismas en redes.

El Capítulo III cubre a grosso modo el dimensionamiento de los diferentes sistemas de bombeo de aguas blancas, como lo son: el sistema de tanque a tanque, el hidroneumático y los sistemas de presión constante.

El Capítulo IV trata el dimensionamiento de los sistemas contra incendio según las normas COVENIN.

El Capítulo V y último comprende los sistemas de evacuación de aguas negras o servidas así como también las aguas de lluvia.

Este trabajo se realizó mediante la recolección de datos dispersos en catálogos, revistas, manuales, textos, etc., todos los cuales pertenecen a la empresa SISTEMAS HIDRONEUMATICOS C.A.

Quedamos a su entera disposición para suministrarles cualquier información adicional que pueda ser susceptible de su interés, por los teléfonos: (02) 93.22.77 - 93 (Masters) o en nuestras oficinas principales en el Edificio Procaste, Avenida Luis de Camoens, Sótano, Zona Industrial de la Trinidad en la ciudad de Caracas.

CAPITULO I

DETERMINACION DE LOS CAUDALES DE BOMBEO

1.1.- DETERMINACION DE LA DEMANDA

Determinar la demanda, es estimar mediante la aplicación de un método óptimo el consumo promedio diario y el consumo máximo probable de agua de una red.

1.2.- IMPORTANCIA DE LA DETERMINACION DE LA DEMANDA

La determinación de la demanda es muy importante debido a que a partir de ésta se establece la capacidad o tamaño de todas las partes del sistema de suministro de agua. La rata de cambio en la demanda es obviamente inconveniente para el diseño del sistema adecuado a las necesidades de la edificación, ésta puede llegar a aumentar desde un mínimo (DEMANDA MINIMA) hasta un máximo (DEMANDA MAXIMA) en un corto tiempo. Motivado a esto se hace necesario la aplicación de métodos de estimación de la demanda, que den resultados acordes con la realidad de consumo del área o instalación(es).

1.3.- CONSUMO SEGUN EL PROPOSITO

Los diversos propósitos para los cuales el agua es usada se pueden clasificar en domésticos, industriales-comerciales, públicos y contra incendio. El conocimiento de estos es necesario para la efectiva dotación de la(s) edificación(es). Por ejemplo, los usos industriales, son muy variables y algunas veces tan prolongados como los domésticos.

1.4.- METODOS PARA LA DETERMINACION DEL CONSUMO

Existen entre muchos otros, cuatro (4) métodos principales para la determinación del consumo de agua, los cuales se listan a continuación:

1.4.1.- METODO DE DOTACIONES (GACETA OFICIAL 4.044 NORMA SANITARIA).

1.4.2.- METODO DEL NUMERO TOTAL DE PIEZAS SERVIDAS (DE PEERLES).

1.4.3.- METODO DE HUNTER (NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS).(GACETA OFICIAL 4.004 NORMA SANITARIA).

A continuación se explican cada uno de ellos, según las normas oficiales. El anexo A contiene además todos los datos concernientes a cada uno de estos métodos.

1.4.1.- METODO DE LAS DOTACIONES

Este método puede ser usado en diversos tipos de edificaciones y se basa en la estimación de consumo en veinticuatro (24) horas de la red, DOTACION, el resultado se multiplica por un factor K para estimar el Pico Máximo Probable que ocurrirá en la red.

Las tablas N° 1 y 1.1 (Anexo A) muestran las dotaciones en litros por día (lpd) correspondientes a las diversas edificaciones.

La fórmula N° 1 siguiente da el Caudal Medio de Consumo en litros por segundo (lps) y tomándose en cuenta el factor K, da el Caudal Máximo Probable.

$$Qd = \frac{DOTACION * K}{86.400} = LPS \quad (1)$$

donde:

Dotación: Es la cantidad de lpd correspondiente, según la tabla N° 1 (anexo A).

K: Es un factor que según proyecciones de variación en la demanda en redes, las cuales se representan en la gráfica N° 1 (anexo A), se recomienda estimarse de 8 a 10 según:

Dotación

menor a 50.000 lpd	K = 10
entre 50.001 y 100.000 lpd	K = 9
más de 100.001 lpd	K = 8

1.4.2.- METODO DEL NUMERO TOTAL DE PIEZAS SERVIDAS O METODO DE PEERLES

Este método esta basado en registros estadísticos de instalaciones similares, fundados a su vez en estimaciones del consumo aproximado en periodos de consumo máximo.

La tabla N° 2 (anexo A) da el factor K de consumo (en GPM * Piezas Servidas) en relación al número total de piezas servidas y del tipo de edificación.

Para usar esta tabla, debe tenerse el número exacto de todas las piezas sanitarias a las cuales servirá el sistema de suministro de agua. Con este número se entra a la tabla y se ubica el rango al que pertenece, el cual indicará según la edificación el valor de K. El resultado de multiplicar ambos valores indicará el caudal de bombeo en GPM, el cual lógicamente al ser dividido entre 60 lo indicará en lps. Matemáticamente lo anterior se expresa según la fórmula siguiente:

$$Qd = PZ * K = GPM \quad (2)$$

1.4.3.- METODO DE HUNTER (NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS)

La gaceta oficial indica este método para el cálculo de la demanda máxima probable, para el cálculo de Picos Máximos en redes de aguas negras y dimensionamiento de las tuberías de la red. Es de hacer notar que su uso se justifica sólo en esos casos y podrá ser usado, en cálculo de Picos probables de aguas blancas, sólo en el caso donde predominen piezas sanitarias de fluxómetro.

Para edificaciones de uso residencial, este método tiende a dar valores del 150% o mas de los obtenidos por los dos métodos anteriores.

Según este método, a cada pieza sanitaria se le asigna, de acuerdo con su uso y tipo, un número, el cual es llamado NUMERO DE UNIDADES DE GASTOS . La tabla N° 3 (Anexo A) muestra las unidades de gastos asignadas a piezas sanitarias tanto de uso público como privado.

El número de unidades de gastos que corresponde a cada pieza o artefacto sanitario no especificado en la tabla N° 3 (anexo A), se determinará en función del diámetro del orificio de alimentación correspondiente, según la tabla N° 4 (anexo A).

1.4.3.1. - PROCEDIMIENTO A SEGUIR EN ESTE METODO:

1.4.3.1.1.- Elabore un diagrama de la tubería de distribución del sistema.

1.4.3.1.2.- Por cada tramo especifique el número y tipo de piezas a servir por el mismo.

1.4.3.1.3.- Multiplicar los totales de piezas sanitarias de igual tipo, por su correspondiente número de unidades de gastos, según la tabla N° 3 (anexo A).

1.4.3.1.4.- Totalice todos estos productos parciales.

1.4.3.1.5.- Con el número total de unidades de gastos que sirve la red, se busca la capacidad del sistema (lps) en la tabla N° 5 (anexo A).

1.4.4.- METODO DE UNIDADES DE GASTOS (SEGUN LA FIRMA PACO PUMP Co.)

El método recomendado por la firma PACIFIC PUMP Co. está basado en el método de HUNTER, de hecho sigue el mismo procedimiento de cálculo con la variante de que el de la firma se basa en un estudio probabilístico de la posibilidad de uso, al mismo tiempo, de las piezas sanitarias y en función de esto se le asigna a las mismas, el número de unidades de gastos.

Según lo expuesto anteriormente y tomando en cuenta lo referente al método de Hunter se puede inferir que el método de la Pacific Pump Co. logra dar resultados mas acordes a las exigencias reales de la red.

La tabla N° 6 (anexo A) muestra las unidades de gastos asignadas a las piezas sanitarias. Con el número total de unidades de gastos que sirve la red de distribución, la capacidad del sistema (Qd) podrá estimarse por la fórmula siguiente:

$$Qd = 0,081 * (UG)0,672 = (LPS) \quad (3)$$

donde:

UG: Número total de unidades de gasto.

o en su defecto la tabla N° 7 (anexo A).

CAPITULO II

DETERMINACION DE LAS CARGAS

2.1.- GENERALIDADES

Para poder entrar en el cálculo de cargas de una red de distribución, primero veremos algunas teorías y ecuaciones fundamentales de la hidráulica.

2.1.1.- ECUACION DE CONTINUIDAD.

La ecuación de continuidad es una consecuencia del PRINCIPIO DE CONSERVACION DE LA MASA, el cual expresa que:

Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de un conducto por unidad de tiempo (figura N° 1) es constante y se calcula como sigue:

$$w_1 * A_1 * V_1 = w_2 * A_2 * V_2 = w_3 * A_3 * V_3 \text{ (kg/seg)} \quad (4)$$

Para fluidos incompresibles se tiene que el peso específico $w_1 = w_2 = w_3$, y por lo tanto, la ecuación se transforma en :

$$A_1 * V_1 = A_2 * V_2 = A_3 * V_3 \text{ (m}^3\text{/seg)} \quad (5)$$

lo que nos da para tuberías circulares:

$$Q = A * V = \frac{\pi}{4} * D^2 * V \quad (6)$$

donde:

Q = Caudal (m³/seg)

A = Area de la sección transversal del tubo (m²)

D = Diámetro interno del tubo (m)

V = Velocidad media de la corriente (m/seg).

2.1.2.- ECUACION GENERAL DE LA ENERGIA

2.1.2.1.- TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema de Bernoulli es una forma de expresión de la aplicación de la energía al flujo de fluidos en tubería. La energía total en un punto cualquiera por encima de un plano horizontal arbitrario, fijado como referencia, es igual a la suma de la altura geométrica (Energía Potencial), la altura debida a la presión (Energía de Presión) y la altura debida a la velocidad (Energía Cinética), es decir:

$$H = Z + \frac{P}{w} + \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

donde:

H = Energía total en un punto

Z = Energía Potencial

$\frac{P}{w}$ = Energía de presión

w = Peso Especifico del agua = 1000 kg/m³

$\frac{V^2}{2 \cdot g}$ = Energía Cinética

g = Aceleración de la gravedad = 10 m/seg²

Debido a que existen pérdidas y/o incrementos de energía, estos se deben incluir en la ecuación de Bernoulli. Por lo tanto, el balance de energía para dos puntos de fluido (ver figura N° 2) puede escribirse, considerando la pérdidas por razonamiento (hf) de la siguiente manera:

$$Z_1 + \frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + h_f \quad (8)$$

2.1.3.- TIPOS DE FLUJOS

Existen dos tipos de flujos dentro de una tubería:

Flujo Laminar: Es aquel en que sus partículas se deslizan unas sobre otras en forma de láminas

formando un perfil de velocidades simétrico y en forma de parábola.

Flujo Turbulento: Es aquel cuyas partículas se deslizan en forma desordenada.

En ambos casos la velocidad en el perfil de velocidades, varía de una máxima (en la zona central) a una mínima (en la zona de contacto con las paredes del tubo).

Osborne Reynolds: Dedujo que el régimen de flujo en tuberías depende de los cuatro factores siguientes:

- Diámetro de la tubería (D=m)
- Densidad del fluido (ρ = grs/cm³)
- Viscosidad (adsoluta (μ) en centispoise o cinemática (v) en m²/seg) observe la tabla N° 8 (anexo B).
- Velocidad del flujo (V=m/seg).

Combinando estos cuatro valores Reynolds obtuvo la ecuación siguiente:

$$Re = D * V * \rho / \mu = \frac{D * V}{\frac{\mu}{\rho}} = \frac{D * V}{\nu} \quad (9)$$

2.2.- FRICCIÓN EN TUBERIAS

En esta sección se tratarán las pérdidas de energía que sufre un fluido, en su trayectoria dentro de una tubería debido a la fricción de éste con las paredes de la misma, así como también, las pérdidas causadas por los cambios de dirección, contracciones y expansiones a todo lo largo de una red de distribución

La pérdida de energía de un fluido dentro de una tubería, se expresa como pérdida de presión o pérdida de carga en el mismo.

2.2.1- CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERIA RECTA

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha tomado como base la fórmula de Hazen & Williams para tuberías de hierro galvanizadas de uso común. A continuación se presenta la fórmula (en ambos sistemas de unidades) para la estimulación de la misma.

En el sistema métrico tenemos:

$$j \% = 1.6595 * K * \frac{Q}{4,8708}^{1,852} \quad (10)$$

reordenando nos queda:

$$j \% = \left[\frac{131.455 * Q}{C * 2,63} \right]^{1,852} \quad (10.1)$$

donde:

$j\%$ = % de pérdidas por fricción (m)

C = Constante de rugosidad (adimensional)

Q = Caudal pasante (lts/min)

= Diámetro interior del tubo (cm)

En el sistema inglés tenemos:

$$j \% = 0.2083 * K * \frac{Q}{4,8708}^{1,852} \quad (10.1)$$

donde:

$j\%$ = % de pérdida por fricción (en pies)

K = $(100/C)^{1,852}$ corrección por rugosidad

Q = Caudal pasante en (GPM)

= Diámetro interno (pulg)

el término independiente se ajusta a las unidades.

Esta fórmula da resultados bastantes exactos con agua a 60 °F (15.6°C), la cual a esa temperatura tiene una viscosidad cinemática en el orden de 1,1 centistokes (31.5 SSO), observe la tabla N° 8 (anexo B).

Dado que la viscosidad del agua varía según la temperatura, pueden existir variaciones mensurables en la aplicación de las fórmulas, que van desde un incremento del 20% en temperaturas cercanas a 100 °C (visc = 0.3 csk). En temperaturas comprendidas entre 15 °C y 24 °C la fórmula tiene una exactitud por este concepto de $\pm 5\%$.

El coeficiente de rugosidad "C" varía según el tipo de tubería a utilizar y los valores que se muestran en la tabla N°9 (anexo B) son los más aceptados comúnmente en cálculo y diseño.

Determinado el valor porcentual de fricción, nos interesa además conocer el valor de la velocidad del agua, esto lo determinaremos despejando "V" de la ecuación N° 5, la cual nos queda realizando los cambios convenientes, como:

$$V = \frac{Q \text{ (l/min)}}{4,7124 \cdot \varnothing \text{ (cm)}} = \text{(m/seg)}$$

Ya que este valor nos debe servir para determinar si la tubería está dentro de un rango lógico de selección y que para la misma es siempre recomendable, que el mínimo caudal pasante no alcance valores inferiores a 0,60 m/seg, para evitar la sedimentación, ni que superen, los 3 m/seg, para evitar ruidos en la tubería.

En la tabla N°10 (anexo B), se presentan las pérdidas por fricción (en m, por cada 100 m de tubería), calculada según la fórmula N°10.1 utilizando un coeficiente de rugosidad C = 100.

2.2.2. - PERDIDAS DE PRESION EN VALVULAS Y CONEXIONES

Cuando un fluido se desplaza uniformemente por una tubería recta, larga y de diámetro constante, la configuración del flujo indicada por la distribución de la velocidad sobre el diámetro de la tubería adopta una forma característica. Cualquier obstáculo en la tubería cambia la dirección de la corriente en forma total o parcial, altera la configuración característica de flujo y ocasiona turbulencia, causando una pérdida de energía mayor de la que normalmente se produce en un flujo por una tubería recta.

Ya que las válvulas y accesorios en una línea de tubería alteran la configuración de flujo, producen una pérdida de presión adicional la cual se puede determinar por:

$$h_f = \frac{K \cdot V^2}{2 \cdot g} \quad (12)$$

Donde:

h_f = Caída de presión (m)

K = Coeficiente de resistencia según el tipo específico de válvula o conexión.

Los diferentes valores del coeficiente de resistencia (K) para los distintos diámetros de válvulas y conexiones se presentan en la tabla N°11 (anexo B), así como también en las figuras desde la 3 hasta la 8.

En aquellas edificaciones consideradas como comunes, en las cuales se tienen 1 ó 2 montantes, las pérdidas por fricción podrán ser consideradas como el 10 % de la altura del edificio mas 5 ó 7 metros para cubrir las pérdidas en la tubería horizontal al final del tramo.

2.3.- PRESIONES RESIDUALES

La presión residual, es aquella presión óptima, la cual debe vencer el sistema de bombeo para poder mandar el agua hasta un punto deseado, el cual es considerado hidráulicamente como el mas desfavorable.

2.4.- CARGA O ALTURA DINAMICA TOTAL DE BOMBEO (A.D.T.)

La Altura Dinámica Total de bombeo representa todos los obstáculos que tendrá que vencer un líquido impulsado por una máquina (expresados en metros de columna del mismo) para poder llegar hasta el punto específico considerado como la toma mas desfavorable.

La expresión para el cálculo de A.D.T proviene de la ecuación de BERNOULLI y es como sigue:

$$ADT = h + \sum h_f + \frac{V''}{2 \cdot g} + h_r \quad (13)$$

donde:

h = Altura geométrica entre el nivel inferior y el superior del líquido.

$\sum h_f$ = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como en accesorios) que sufre el fluido entre el nivel de succión y el de descarga.

$\frac{V^2}{2g}$ = Energía cinética o presión dinámica.

h_r = Es la presión residual que debe vencer la bomba cuando el fluido llegue a su destino o punto mas desfavorable.

2.4.1. - CALCULO DE A.D.T.

La expresión de la ecuación la A.D.T. se ve modificada en función de la configuración de la red y del tipo de succión positiva o negativa (si el nivel del liquido se encuentra por encima o por debajo respectivamente del eje de la bomba) a la cual estará sometida la bomba. En las figuras N°9 y 10 se muestran ambos casos. En la medida de lo posible es conveniente colocar la bomba con succión positiva, ya que así se mantiene la misma llena de fluido, a la vez que se le disminuye el A.D.T., debido a la presión adicional agregada por la altura del líquido.

Para mayor comprensión en el cálculo del A.D.T. a continuación se presentan tres casos (entre otros conocidos), cada uno con sus respectivos análisis, figura y expresión de la ecuación del A.D.T.

CASO 1:

La figura N° 11 representa una succión negativa, donde se indica claramente los tramos de succión y descarga con sus respectivos accesorios. Se tendrá entonces en la tubería de succión una caída de presión por efecto del roce que se denotará h_{fs} , una velocidad V_s , una altura de succión h_s y un diámetro de succión D_s . En la descarga se tendrá un h_{fd} , una velocidad de descarga V_d , una altura de descarga h_d y un diámetro de descarga D_d al cual se considera como el inmediato superior al de la succión. Para este primer caso y considerando cada tramo por separado la ecuación para la Altura Dinámica Total queda de la siguiente forma:

$$ADT = (h_d + h_s) + h_{fs} + h_{fd} + \frac{V_d^2}{2g} + h_{rs} + h_{rd} \quad (13.1)$$

en este caso al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmósfera las presiones h_{rs} y h_{rd} se anulan.

CASO 2:

La figura N° 13 representa dos tanques, uno inferior y otro superior los cuales se encuentran sellados y poseen una presión residual h_{rs} y h_{rd} . En la ecuación de ADT la presión h_{rd} tiene que sumarse mientras que la presión h_{rs} debe restarse por ser energía adicional que va a tener el sistema y que va ayudar al trabajo de bombeo. La ecuación del ADT resultante es:

$$ADT = (h_d + h_s) + h_{fs} + h_{fd} + V_d^2/2g + h_{rs} - h_{rd} \quad (13.2)$$

Si solamente se tiene el tanque superior a presión y el inferior abierto a la atmósfera, de la ecuación anterior se elimina h_{rs} , si en cambio es el superior abierto a la atmósfera y el inferior cerrado y presurizado de la ecuación se elimina el término h_{rd} .

CASO 3:

La figura N° 13 representa una succión positiva, la altura geométrica que la bomba debe vencer en este caso es menor, para este caso el ADT será:

$$ADT = (h_d - h_s) + h_{fs} + h_{fd} + V_d^2/2g \quad (13.3)$$

Al encontrarse ambos tanques abiertos a la atmósfera, las presiones residuales h_{rs} y h_{rd} se eliminan. Si en cambio el tanque de descarga se mantiene con una determinada presión, a la ecuación anterior se le suma el valor de h_{rd} y si además el tanque de succión se mantiene también presurizado, a la misma ecuación se le restará h_{rs} .

CAPITULO III

DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUAS BLANCAS

3.1. - SISTEMA DE BOMBEO DE TANQUE A TANQUE

3.1.1. - DESCRIPCION GENERAL

Este sistema consiste por ejemplo en un tanque elevado en la azotea del edificio; con una altura que permita la presión de agua establecida según las normas sobre la pieza mas desfavorable.

Desde el tanque elevado se hace descender una tubería vertical de la cual surgirá para cada piso, una ramificación a los apartamentos correspondientes al mismo, dándose de esta forma el suministro por gravedad. Este sistema requiere del estudio de las presiones de cada piso, asegurándose con este que las mismas no sobrepasen los valores adecuados.

La planta baja de la edificación consta de un tanque, el cual puede ser superficial, semi - subterráneo o sub-terráneo y en el que se almacenará el agua que llega del abastecimiento público. Desde este tanque un número de bombas establecido, conectadas en paralelo impulsarán el agua al tanque elevado.

Todo lo descrito anteriormente se ilustra en la figura N° 14.

3.1.2.- CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL CALCULO

El cálculo del sistema de bombeo de tanque a tanque requiere de dos pasos previos, del cálculo de la dotación diaria (y caudal de bombeo) y de la carga dinámica total de bombeo, los cuales se explican en los capítulos I y II respectivamente. Sin embargo se hace necesario la coordinación de algunos parámetros, los cuales se explican en los parrafos siguientes:

Cuando fuere necesario emplear una combinación de tanque bajo, bomba de elevación y estanque elevado, debido a presión insuficiente en el acueducto público, y/o a interrupciones de servicio frecuentes, el volumen utilizable del estanque bajo no será menor de las dos terceras (2/3) partes de la dotación diaria y el volumen utilizable del estanque elevado no será menor de la tercera (1/3) parte de dicha dotación.

La tubería de aducción desde el abastecimiento público hasta los estanques de almacenamiento, deberá calcularse para suministrar el consumo total diario de la edificación en un tiempo no mayor

de cuatro (4) horas, teniendo como base la presión de suministro, diámetro y recorrido de la aducción.

La tubería de bombeo entre un estanque bajo y el elevado deberá ser independiente de la tubería de distribución, calculándose el diámetro para que pueda llenar el estanque elevado en un máximo de dos (2) horas, previendo en esta que la velocidad esté comprendida entre 0.60 y 3.00 m/seg.

Los diámetros de la tubería de impulsión de las bombas se determinarán en función del gasto de bombeo, pudiendo seleccionarse de la tabla N°12 (anexo C).

Puede estimarse el diámetro de la tubería de succión, igual al diámetro inmediatamente superior al de la tubería de impulsión, indicada en la tabla N°12 (anexo C).

En la tubería de impulsión e inmediatamente después de la bomba, deberán instalarse una válvula de retención y una llave de compuerta.

En el caso de que la tubería de succión no trabaje bajo carga (succión negativa), deberá instalarse una válvula de pie en su extremo, para prevenir el descebado de las bombas.

La capacidad del sistema de bombeo deberá ser diseñado de manera tal, que permita el llenar el estanque elevado en un tiempo no mayor de dos (2) horas.

Siendo la Altura Dinámica Total de bombeo ADT la resultante de la sumatoria de:

- a.- Diferencia de cotas entre el sitio de colocación de la válvula de pie y la cota superior del agua en el tanque elevado.
- b.- Las fricciones ocurridas en la succión de la bomba, descarga de la misma y montante hasta el tanque elevado.
- c.- Presión residual a la descarga del tanque elevado (± 2.00 a 4.00 m.).

Nota: La selección de los equipos de bombeo deberá hacerse en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo a las condiciones del sistema de distribución.

3.1.3.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La potencia de la bomba podrá calcularse por la fórmula siguiente:

$$HP = \frac{Q \text{ (lps)} * H \text{ (metros)}}{75 * n \text{ (\%)} / 100} \quad (14)$$

donde:

HP = Potencia de la bomba en caballos de fuerza.

Q = Capacidad de la bomba.

ADT = Carga total de la bomba.

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

Los motores eléctricos que accionan las bombas deberán tener, según las normas oficiales vigentes, una potencia normal según las fórmulas siguientes:

$$\text{HP(motor)} = 1,3 * \text{HP(bomba)} \text{ para motores trifásicos} \quad (15)$$

ó

$$\text{HP(motor)} = 1,5 * \text{HP(bomba)} \text{ para motores monofásicos} \quad (16)$$

3.2.- SISTEMAS HIDRONEUMATICOS DE USO DOMESTICO

Esta sección se basa en una tesis de pre-grado realizada por los estudiantes Dos Ramos G. Roberto y Gómez G. Camilo de la Universidad SIMON BOLIVAR , y, si se desea mayor información con respecto a dicho estudio, se recomienda la solicitud del informe titulado CALCULO DE SISTEMAS HIDRONEUMATICOS DE USO DOMESTICO , cuyos autores son los estudiantes antes mencionados.

En el cálculo para sistemas hidroneumáticos de uso doméstico (vivienda unifamiliares) la estimación de la demanda se hará de acuerdo a la fórmula presentada a continuación:

$$Q_d = (N_p) * 0.83 = (Lpm) \quad (17)$$

donde:

Q_d = Caudal de demanda en litros por minuto.

N_p = Número de piezas o aparatos sanitarios servidos.

Esta fórmula abarca un rango de cinco (5) hasta un máximo de treinta (30) piezas, puesto que las viviendas unifamiliares con más de treinta piezas son casos atípicos.

Para este tipo de sistema es permitido el uso de una sola unidad de bombeo.

En el diagrama N° 1 (anexo D) se presentán en forma de esquema todos los cálculos y consideraciones posibles con respecto al cálculo de los sistemas hidroneumáticos de uso doméstico.

3.3. - SISTEMA HIDRONEUMATICO INDUSTRIAL

3.3.1. - PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los sistemas hidroneumáticos se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión.

El sistema, el cual se representa en la figura N° 16, funciona como se explica a continuación:

El agua que es suministrada desde el acueducto público u otra fuente, es retenida en un tanque de almacenamiento; de donde, a través de un sistema de bombas, será impulsada a un recipiente a presión (de dimensiones y características calculadas en función de la red), y que posee volúmenes variables de agua y aire. Cuando el agua entra al recipiente aumenta el nivel de agua, se comprime el aire y aumenta la presión, cuando se llega a un nivel de agua y presión determinados, se produce la señal de parada de la bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red, cuando los niveles de presión bajan, a los mínimos preestablecidos, se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente.

3.3.2.- COMPONENTES DEL SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

El Sistema Hidroneumático deberá estar construido y dotado de los componentes que se indican a continuación:

- a.- Un tanque de presión, el cual consta entre otros de un orificio de entrada y otro de salida para el agua (en este se debe mantener un sello de agua para evitar la entrada de aire en la red de distribución) y uno para la inyección de aire en caso de faltar el mismo.
- b.- Un número de bombas acorde con las exigencias de la red (una o dos para viviendas unifamiliares y dos o más para edificaciones mayores).
- c.- Interruptor eléctrico para detener el funcionamiento del sistema, en caso de faltar el agua en el estanque bajo.
- d.- Llaves de purga en las tuberías de drenaje.
- e.- Válvula de retención en cada una de las tuberías de descarga de las bombas al tanque hidroneumático.
- f.- Conexiones flexibles para absorber las vibraciones.
- g.- Llaves de paso entre la bomba y el equipo hidroneumático; entre éste y el sistema de distribución.
- h.- Manómetro.
- i.- Válvula de seguridad.
- *j.- Dispositivo para control automático de la relación aire/agua.

k.- Interruptores de presión para arranque a presión mínima y parada a presión máxima, arranque aditivo de la bomba en turno y control del compresor.

*l.- Indicador exterior de los niveles en el tanque de presión, para la indicación visual de la relación aire-agua.

*m.- Tablero de potencia y control de los motores.

n.- Dispositivo de drenaje del tanque hidroneumático, con su correspondiente llave de paso.

o.- Compresor u otro mecanismo que reponga el aire perdido en el tanque hidroneumático.

*p.- Filtro para aire, en el compresor o equipo de inyección.

(*) Para los equipos instalados en viviendas unifamiliares y bifamiliares, los requerimientos señalados en los apartes h,j,k y n podrán suprimirse.

3.3.3 - CICLOS DE BOMBEO

Se denomina ciclos de bombeo al número de arranques de una bomba en una hora.

Cuando se dimensiona un tanque se debe considerar la frecuencia del número de arranques del motor en la bomba. Si el tanque es demasiado pequeño, la demanda de distribución normal extraerá el agua útil del tanque rápidamente y los arranques de las bombas serán demasiado frecuentes. Un ciclo muy frecuente causa un desgaste innecesario de la bomba y un consumo excesivo de potencia.

Por convención se usa una frecuencia de 4 a 6 ciclos por hora, el ciclo de cuatro (4) arranques/hora se usa para el confort del usuario y se considera que con mas de seis (6) arranques/hora puede "haber" un sobrecalentamiento del motor, desgaste innecesario de las unidades de bombeo y excesivo consumo de energía eléctrica.

El punto en que ocurre el número máximo de arranques, es cuando el caudal de demanda de la red alcanza el 50% de la capacidad de la bomba. En este punto el tiempo que funcionan las bombas iguala al tiempo en que están detenidas. Si la demanda es mayor que el 50%, el tiempo de funcionamiento será mas largo; cuando la bomba se detenga, la demanda aumentada extraerá el agua útil del tanque mas rápidamente, pero la suma de los dos periodos, será mas larga.

Una vez calculado el Caudal Máximo Probable de agua correspondiente a una red de distribución, así como, los diámetros y presión mínimas requeridos por la red, (según los métodos explicados en los capítulos I y II respectivamente), y tomada la decisión de instalar un sistema hidroneumático, se deben tomar en cuenta un grupo de factores los cuales se explicarán en la secciones siguientes.

3.3.4.- PRESIONES DE OPERACION DEL SISTEMA HIDRONEUMATICO

3.3.4.1- PRESION MINIMA

La presión mínima de operación P_{min} del cilindro en el sistema hidroneumático deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida (presión residual) en la toma mas desfavorable según la tabla N°13 (anexo E), y podrá ser determinada por la fórmula siguiente:

$$P_{min} = h + \Sigma h_f + \frac{V''}{2 \cdot g} + h_r \quad (18)$$

donde:

h = Altura geométrica entre el nivel inferior y el nivel superior del líquido.

Σh_f = La sumatoria de todas las pérdidas (tanto en tubería recta como accesorios) que sufre el fluido desde la descarga del tanque hasta la toma más desfavorable.

$\frac{V''}{2 \cdot g}$ = Energía Cinética o presión dinámica.

h_r = Presión residual.

3.3.4.2. - PRESION DIFERENCIAL Y MAXIMA

El artículo número 205 de la Gaceta Oficial 4.044 Extraordinario, recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI). Sin embargo, no fija un límite máximo que se pueda utilizar, por lo que hay que tener en cuenta que al aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo; pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes, pequeños, tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevando así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima, o graves, tales como fugas en las piezas sanitarias y acortamiento de su vida útil. La elección de la Presión Máxima se prefiere dejar al criterio del proyectista.

3.3.5. - DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La primera consideración al seleccionar el tamaño de las bombas, es el hecho de que deben ser capaces por si solas de abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales, existiendo siempre una bomba adicional para alternancia con la (s) otra (s) y para cubrir entre todas, por lo menos el 140 % de la demanda máxima probable.

3.3.5.1. - NUMERO DE BOMBAS Y CAUDAL DE BOMBEO

Como ya fue mencionado, solo es permitido el uso de una bomba en el caso de viviendas unifamiliares; en cualquier otro tipo de edificaciones deben seleccionarse dos o mas unidades de bombeo.

Ya que se debe dejar una unidad de bombeo de reserva para la alternancia y para confrontar caudales de demanda super-pico, se debera usar el siguiente criterio:

La suma total de los caudales de las unidades de bombeo utilizados no será nunca menor del 140 % del caudal máximo probable calculado en la red. La tabla N°14 (anexo E) presenta el criterio anteriormente expuesto.

3.3.5.2. - POTENCIA REQUERIDA POR LA BOMBA Y EL MOTOR

La potencia de la bomba para un sistema hidroneumático podrá calcularse por la misma fórmula N°14, la cual se repite en esta sección, utilizada en el cálculo del sistema de tanque a tanque:

$$HP = \frac{Q_b \text{ (lps)} * H \text{ (metros)}}{75 * n \text{ (\%)} / 100} \quad (14)$$

Las bombas deben seleccionarse para trabajar contra una carga por lo menos igual a la presión máxima en el tanque hidroneumático.

La potencia del motor eléctrico que accione la bomba será calculada según las mismas consideraciones utilizadas en el cálculo de los sistemas de tanque a tanque, las cuales se reproducen aquí:

$$\text{HP (motor)} = 1,3 * \text{HP (bomba)} \text{ para motores trifásicos} \quad (15)$$

ó

$$\text{HP (motor)} = 1,5 * \text{HP (bomba)} \text{ para motores monofásicos.} \quad (16)$$

3.3.6 - DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE A PRESION

El dimensionamiento del tanque a presión, se efectúa tomando como parámetros de cálculo el caudal de bombeo (Qb), los ciclos por hora (U), y las presiones de operación, el procedimiento es resumido en cuatro pasos, cada uno con su respectiva fórmula:

a. - Determinación del tipo de ciclo de bombeo (Tc).

Representa el tiempo transcurrido entre dos arranques consecutivos de las bombas, y se expresa como sigue:

$$T_c = \frac{1 \text{ hora}}{U} \quad (19)$$

donde:

U = Número de ciclos por hora.

b.- Determinación del volumen útil del tanque (Vu).

Es el volumen utilizable del volumen total del tanque y representa la cantidad de agua a suministrar entre la presión máxima y la presión mínima.

$$Vu = \frac{Tc * Q \text{ (bombeo)}}{4} \quad (20)$$

c. - Cálculo del porcentaje del volumen útil (% Vu)

Representa la relación entre el volumen utilizable y el volumen total del tanque y se podrá calcular a través de la siguiente ecuación:

$$\% Vu = 90 * \frac{(P_{\max} - P_{\min})}{P_{\max}} \quad (21)$$

donde:

P_{máx} = Es la presión máxima del sistema

P_{min} = Es la presión mínima del sistema

Nota : Tanto la P_{máx} como la P_{min} serán dados como presiones absolutas.

d.- Cálculo del volumen del tanque (Vt).

$$Vt = \frac{Vu}{\%Vu/100} \quad (22)$$

3.3.7- CALCULO DEL COMPRESOR

Siendo la función del compresor la de reemplazar el aire que se pierde por absorción del agua y por posibles fugas, su tamaño es generalmente pequeño. Debe vencer una presión superior a la máxima del sistema, y su capacidad no pasa de pocos pies cúbicos de aire por minuto. En efecto, el agua tiene una capacidad de disolver a 15 °C y a 14,696 psi (10,34m de columna de agua) 21,28 dm³ de aire por cada metro cúbico (1m³) de agua, suponiendo que esta agua no tuviera ninguna materia en solución. Ahora bien, la capacidad de solución del agua está ya en parte agotada por el cloro de desinfección; por lo tanto el compresor necesario para reponer el aire absorbido por el agua debe ser muy pequeño.

Los datos que suministra la experiencia, son resumidos en diferentes tablas y reglas, por ejemplo según la firma PEERLES PUMP DIVISION, compresores con capacidad de 1 a 2 pies cúbicos por minuto (28.317 cm³ a 56.634 cm³ por minuto) por cada 1.000 galones (3.785 Lts) de capacidad total del tanque, han sido encontrados satisfactorios para muchas instalaciones.

Los compresores deben estar accionados por interruptores de nivel y de presión, para asegurar el mantenimiento de las proporciones debidas de agua y aire.

En los tanques de capacidad, iguales o mayores a 320 galones., es preferible usar para la recarga del aire un compresor del tipo convencional, de capacidad y presión adecuada para el sistema, movidos por un motor eléctrico mandado por un sistema de control, el cual normalmente funciona mediante un sistema de combinación entre presión y nivel de agua, de manera que se pueda controlar el trabajo del compresor.

3.4. - SISTEMAS DE COMPRESION CONSTANTE

3.4.1. - GENERALIDADES

Son aquellos sistemas de bombeo en donde se suministra agua a una red de consumo, mediante unidades de bombeo que trabajan directamente contra una red cerrada.

Los sistemas de bombeo a presión constante se clasifican en dos grupos principales, a saber:

3.4.1.1. - Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.

3.4.1.2. - Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.

A continuación se explican ambos sistemas.

3.4.1.1. - SISTEMA DE BOMBEO CONTRA RED CERRADA A VELOCIDAD FIJA

Son aquellos sistemas en donde dos o más bombas trabajan en paralelo a igual velocidad del motor para cubrir demandas de consumo instantáneo de la red servida. Un nombre mas apropiado para estos sistemas sería el de SISTEMAS DE BOMBEO CONTINUO A VELOCIDAD FIJA.

A pesar de lo anteriormente expuesto, estos sistemas se convierten en SISTEMAS DE PRESION CONSTANTE con el uso de válvulas reguladoras, que son usadas cuando en la red se requiere en verdad, una presión uniforme. En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las bombas se efectúa mediante los diferentes métodos de registrar la demanda en la red; lo cual sirve además para clasificarlos.

3.4.1.1.1. - SISTEMAS CON SENSOR DE PRESION

En estos sistemas el funcionamiento aditivo de las unidades de bombeo se accionan por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red servida que encienden y apagan las bombas.

3.4.1.1.2. - SISTEMAS CON SENSOR DIFERENCIAL DE PRESION

Estos tipos de sistemas incorporan una placa de orificio, tubo venturi, inserto corto o cualquier otro medidor de caudal que acciona un presostato diferencial para lograr un funcionamiento aditivo de las bombas.

3.4.1.1.3.- SISTEMAS CON MEDIDORES DE CAUDAL HIDRODINAMICOS ($V^2/2 \cdot g$)

Son sistemas que incorporan rotómetros, tubos pilotos o cualquier otro medidor hidromecánico de velocidad; a este grupo específico pertenece el PACOMONITOR (el cual será motivo de estudio en este capítulo), siendo entre todos los grupos el más sencillo y práctico.

3.4.1.1.4. - SISTEMAS CON MEDIDORES DE CAUDAL ELECTROMAGNETICO

Son sistemas que registran el caudal por medio de la inducción de un campo, producido por la velocidad de la masa de agua pasante, el medidor crea una resistencia que es registrada por un traductor que da las señales de encendido y apagado de las bombas.

3.4.1.2. - SISTEMAS DE BOMBEO CONTRA RED CERRADA A VELOCIDAD VARIABLE

Son aquellos sistemas en los cuales la unidad de bombeo varía su velocidad de funcionamiento en razón al caudal de demanda de la red, mediante el cambio de velocidad en el impulsor de la bomba que se logra de diferentes formas, las cuales sirven a su vez para clasificarlos en:

3.4.1.2.1. - VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTORES DE INDUCCION

El motor es el denominado Tipo Escobillas y en él se usa un sensor de presión y/o caudal con un traductor que hace que el voltaje varíe en los secundarios y por ende varíe la velocidad de funcionamiento.

3.4.1.2.2. - VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE RECTIFICADORES DE SILICON

En este caso se usan motores normales en jaula de ardilla y un sensor electrónico de presión y/o caudal, que por intermedio de un traductor hace que el circuito rectificador de S.R.C. varíe el ciclo de la onda de C.A., variando por ende la velocidad de motor.

3.4.1.2.3. - VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES MECANICOS

La velocidad de la bomba es regulada por un moto-variador que consta de un motor standard acoplado a una caja variadora de velocidad, integrada por un juego de correas en " V " que corre sobre poleas de diámetro variable, accionandose el conjunto por un mecanismo electromecánico que recibe una señal de un sensor de presión y/o caudal.

3.4.1.2.4. - VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES ELECTRICOS

En este tipo de sistemas se usa un variador electromagnético que consta generalmente de un motor de tipo jaula de ardilla, que mueve un electroimán que es excitado por una corriente secundaria de una intensidad proporcional a la presión y/o caudal registrados en la red que arrastra o no, a mayor o menor velocidad el lado accionado, donde generalmente se encuentra la unidad de bombeo.

3.4.1.2.5. - VARIADORES DE VELOCIDAD POR MEDIO DE MOTO-VARIADORES HIDRAULICOS

Este consta generalmente, de un motor de tipo jaula de ardilla, que acciona un acoplamiento hidráulico, en donde un mecanismo hidráulico mecánico regula la velocidad de salida, (accionamiento de la bomba) en forma proporcional a la presión de la red, por medio de la cantidad de fluido que suministra el acople hidráulico.

Los mecanismos utilizados para registrar presión y/o caudal en este tipo de sistema son similares a los especificados para los sistemas a velocidad constante. En el caso de sistemas con mas de una bomba, el funcionamiento aditivo se efectúa teniendo cuidado en bloquear la unidad en turno de funcionamiento a su velocidad máxima y variandola en la bomba que entra en servicio auxiliar, también se logra arrancando adicionalmente una bomba a velocidad fija y bajando al mínimo la velocidad en el variador.

En la práctica, los sistemas de velocidad variable se justifican solo en redes con amplios rangos de fluctuación de caudal y valores de fricción altos, ya que como en las bombas centrífugas la presión de descarga es razón cuadrática a la velocidad de funcionamiento, es muy poca, (5% o menos), la variación de velocidad y el posible ahorro de consumo eléctrico se diluyen en las pérdidas de rendimiento de los mecanismos variadores de velocidad, salvo en el caso de los rectificadores de silicón que parecen ser los mas confiables y modernos en la actualidad; su aplicación solo esta limitada por los altos costos de adquisición de sus componentes.

3.5.- SISTEMA DE BOMBEO PACOMONITOR

3.5.1. - DESCRIPCION GENERAL

El sistema de bombeo PACOMONITOR puede definirse como un SISTEMA DE BOMBEO A VELOCIDAD FIJA CONTRA RED CERRADA de dos o más bombas funcionando en paralelo; las cuales encienden y apagan a fluctuaciones de demanda en la red.

3.5.2. - FUNCIONAMIENTO DE LA VALVULA SENSORA PACOMONITOR

El sensor de flujo PACOMONITOR se puede describir como algo similar en apariencia a una válvula de retención horizontal de construcción robusta que funciona con contrapeso exterior, lo que hace que no exista en él, ningún elemento sujeto a fatiga de material. Tanto el orificio como la forma hidrodinámica de la compuerta y el contrapeso está diseñado y calibrado cuidadosamente para hacer que el conjunto se comporte como un medidor mecánico de energía cinética del flujo, la compuerta y el contrapeso adoptan un ángulo predeterminado para cada valor del caudal pasante. En síntesis, el sensor PACOMONITOR puede definirse como un medidor dinámico de caudal. Las figuras 17 a la 20, muestran las diferentes vistas de dicha válvula.

a. - En condición de no flujo la compuerta cubre completamente el orificio de la válvula y en esta situación la compuerta y el contrapeso se encuentra en perfecto equilibrio.

b. - Al existir un consumo (flujo) en la red, la compuerta se abre por la acción dinámica, (por la acción del agua contra ella), pero a la vez el brazo y el contrapeso se alejan de su punto de reposo inicial y se establece una fuerza que equilibra la compuerta en ángulos dados para cada consumo pasante.

Según lo anteriormente descrito, se observa que la medición se efectúa por una relación mecánica de fuerza y palanca sumamente eficaz y sencilla que a la vez es muy exacta en su funcionamiento.

3.5.3. - DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA PACOMONITOR

En el dimensionamiento de todo sistema de bombeo para red se deben conocer ciertos datos, sin los cuales, se puede caer en sub o sobredimensionamiento del mismo.

En el diseño del sistema PACOMONITOR se recomienda seguir los pasos siguientes:

3.5.3.1. - DETERMINACION DE LOS CAUDALES

En la determinación del caudal máximo probable de bombeo se puede usar cualquiera de los métodos explicados en el capítulo I.

3.5.3.1.1. - DETERMINACION DEL CAUDAL MINIMO

En todos los casos el caudal mínimo de demanda de una red, depende del tamaño y uso al cual se destina la misma; el consumo mínimo, en muchos casos determinará la viabilidad o no del uso de bombas piloto que contribuirán a disminuir más el consumo eléctrico en este tipo de equipos. Algunos estimados de consumo mínimo de redes se dan en la tabla N° 15.

Los valores de caudal mínimo así obtenidos, son tan solo indicativos, ya que el criterio final del proyectista será el que prevalezca en estos casos; el caudal mínimo por razones prácticas no será nunca menor a 1,75 lps o el 10% del Q_{máx}.

3.5.3.2. - DETERMINACION DE LAS PRESIONES DE OPERACION Y CARGA DINAMICA TOTAL (CDT) EN LA RED

Las presiones en la red se calcularán según los pasos y consideraciones explicadas en el capítulo II de este manual.

El diagrama 2 (anexo F), representa un formato detallado para el dimensionamiento de sistemas de bombeo.

3.5.3.3. - CAUDAL DE LAS BOMBAS

En un sistema PACOMONITOR las unidades de bombeo se dividen en principales y pilotos, y el sistema consta de unidades según lo prevea el proyecto.

Una estimación del caudal de las bombas piloto puede efectuarse según la tabla N° 15 (anexo F).

Las bombas principales pueden ser de dos a cuatro y deben estar seleccionadas para que funcionando en paralelo cubran por lo menos el 100 % del caudal de la demanda. En la tabla N° 16 (anexo F), se detallan los porcentajes de caudales piloto y de servicio de los casos más comunes.

3.5.3.4. - POTENCIA DE LAS BOMBAS Y MOTORES

La potencia de las bombas, será calculada por la siguiente fórmula:

$$\text{BHP} = \frac{Q * H}{75 * n} \quad (23)$$

donde:

Q = Caudal de bombeo (LPS).

H = A.D.T. de bombeo (m).

75 = Constante de unidades.

n = Rendimiento de la bomba (normalmente se asume 0.60 = 60% cuando no se conoce dicho valor).

BPH = Potencia al freno de la bomba (CV).

3.5.3.5. - CONSIDERACIONES IMPORTANTES

a. - En todo caso, la potencia del motor debe ser el resultado del cálculo efectuado en el rendimiento real indicado en la curva seleccionada y siempre debe garantizar que no exista sobrecarga en el mismo cuando la unidad trabaja contra el 85 % de la carga de diseño.

b. - Las unidades de bombeo deben ser seleccionadas en forma tal que la presión de cierre no está nunca por encima de los 15 metros de la C.D.T. máxima de diseño en equipos de hasta 100 PSI de presión de trabajo y de 20 mts en equipos de 101 o más PSI, esto para evitar sobre-presiones indeseables en la red.

c. - En caso de que los valores resultantes de las presiones de cierre de las bombas superen estos límites, se debe preveer una válvula de alivio con recirculación al suministro.

3.5.3.6. - DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA Y DEL SENSOR PACOMONITOR

Las tuberías serán seleccionadas con diámetros tales que la velocidad del caudal máximo probable en ellas se encuentre comprendida entre 1 y 3 m/seg.

La Tabla N° 17 (anexo F) puede servir de guía para la selección de los diámetros de tubería.

3.5.3.7. - DIMENSIONAMIENTO DE LA VALVULA DE SOBREPRESION

Cuando las unidades de bombeo piloto o de servicio seleccionadas tienen una presión de cierre superior a las mínimas preestablecidas o se requiere una presión estable, se hace necesario retornar al tanque el caudal excedente con el fin de mantener la presión en la red dentro de los límites permisibles. Esto se logra por medio de una válvula de alivio y una tubería de retorno al tanque. Esta se dimensionarán según la Tabla N° 18 (anexo F) y graduará para que abra a la máxima presión admitida por la red.

El caudal de retorno al tanque de almacenamiento será igual al producido por la unidad en turno de servicio o piloto, a la máxima presión admitida por la red.

Se debe acotar que la recirculación al tanque se usa solo cuando hay presión excesiva en la red y no se estén utilizando estaciones reguladoras de presión en la red.

3.5.3.8. - ENFRIAMIENTO DE LA CARCASA

Las unidades de bombeo piloto o aquellas que estén en turno de servicio con caudales de consumo de la red cercanos a cero, sufren recalentamiento en la carcasa que podrían ser perjudiciales para estas. Por eso se hace necesario recircular al tanque una pequeña cantidad de agua que sirva para el enfriamiento de la carcasa. Por lo tanto se preveerá una recirculación de forma tal que se garantice el retorno al tanque de aproximadamente 60 GPM (3,785 lts/seg) por cada HP (CV) aplicado a la unidad de bombeo. Esto se logra en varias formas:

- a. - Si la presión de cierre de la bomba piloto lo permite, se colocará una válvula de alivio graduada en forma tal que permita la recirculación al tanque, del caudal antes mencionado.
- b. - Si las curvas de las bombas son muy planas y no permiten el accionamiento de una válvula de alivio, pueden usarse sensores de temperatura que comanden una válvula de solenoide que permita la recirculación al tanque del caudal antes mencionado.
- c. - Si la construcción de la bomba es tal que no permite la colocación de termostatos y/o su funcionamiento de forma eficiente, se colocará una recirculación constante y se regulará por dos llaves tipo globo. Esta última solución es la más práctica y recomendable en la mayoría de los casos.

La Tabla N° 19 (anexo F) ofrece datos aproximados para la selección del caudal de enfriamiento.

En aquellos sistemas donde se ha establecido recirculación al tanque por válvula de sobre-presión (alivio) no se requiere el uso del circuito de enfriamiento, ya que la misma recirculación servirá del enfriamiento de las carcasas.

3.6. - SISTEMAS DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE "PACOMONITOR" NO TRADICIONAL

3.6.1. - GENERALIDADES

En razón del uso que se la dará a la red, y con la certeza de que existirán variaciones muy amplias no solo en los mínimos y máximos de demanda diaria, sino también al uso casi exclusivo periódico, la instalación de un sistema hidroneumático resulta además de impracticable extremadamente costoso, debido al gran volumen, que por las características de la red, resulta de éste.

El uso de un sistema de presión constante PACOMONITOR con un número determinado de bombas llega a ser una solución más viable, sin embargo persisten los largos periodos de consumo mínimo que no justifican el hecho de una bomba trabajando en forma continua, lo cual representa un gasto innecesario de energía eléctrica a la vez que de acortamiento en la vida útil de la bomba.

Lo expuesto en los párrafos anteriores debe llevar al proyectista a pensar en la posibilidad de instalación de sistemas no tradicionales como lo son los (SISTEMAS DE PRESION CONSTANTE CON TANQUE DE PRESION COMPENSADOR), los cuales además de ofrecer un gran ahorro de energía en los periodos de mínima demanda prolonga la vida útil de las bombas.

El Sistema de Presión Constante con Tanque de Presión Compensador resulta de la combinación de un sistema hidroneumático y un sistema de bombeo de velocidad fija contra la red cerrada (recomendándose el PACOMONITOR) de dos o más bombas funcionando en paralelo.

3.6.2. - TIPOS

La gran variedad de configuraciones posibles que se pueden dar en estos tipos de sistemas está limitada única y exclusivamente por la imaginación del proyectista. En esta sección expondremos dos de ellas con sus respectivas consideraciones de diseño.

3.6.2.1. - CONFIGURACIONES Y PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

3.6.2.1.1. - TANQUE DE PRESION CON RESTRICCIÓN

El sistema consta generalmente de tres (3) a cuatro (4) bomba con caudales muy grandes e idénticamente iguales, observe las figuras N° 21 y 22, todo en función de los resultados arrojados por los cálculos de los caudales necesarios en la red.

El tanque se diseña para un tiempo de llenado de aproximadamente 10 minutos, dicho tiempo no incluye el tiempo de vaciado del mismo ya que tendrá prioridad el tiempo de llenado (a caudal restringido), con un porcentaje del caudal de la primera bomba, y para 6 arranques por hora de la misma, según las normas oficiales vigentes.

El caudal restringido para el llenado del tanque será del 5 % del caudal máximo de demanda o 1.5 GPM * HP del motor de la bomba mayor.

El sistema funciona como sigue:

Al existir demanda las bombas en turno suplen la red a la vez que llenan el tanque a través de una restricción (by-pass del llenado) este momento que el SISTEMA PACOMONITOR posee el control con el fin de que funcione como un sistema de presión constante contra la red cerrada.

Cuando el tanque llega al nivel máximo estimado, se para la bomba de suministro y éste queda supliendo a la red, quitándole así el control al PACOMONITOR y haciendo que el sistema funcione como un hidroneumático.

Al superar la demanda al caudal de impulsión del tanque, la válvula PACOMONITOR toma nuevamente el control del sistema.

3.6.2.1.2. - TANQUE DE PRESION ELEVADO

Cuando el tanque colocado en la parte baja de la red, resulta de mucho volumen, y debido a la presión que soportará el mismo, su espesor de lámina sea considerable; será conveniente colocarlo en la parte superior de la edificación (figura N° 23), con esto se logrará un mayor rendimiento volumétrico del tanque, un menor volumen al igual que un menor espesor de su lámina por la disminución de la presión a soportar por el mismo. El sistema puede trabajar con o sin bomba piloto según el tipo y requerimiento de la red. El volumen del tanque se puede calcular hasta para un 50 % del caudal de la primera bomba (piloto o de servicio) y para 6 arranques por hora, según las normas oficiales vigentes.

A continuación se explica el funcionamiento del mismo:

Cuando la demanda es baja y el tanque sufre la red. Al llegar este a su nivel mínimo, la primera bomba se activa para alimentar la red al mismo tiempo que le suministra agua al tanque. Si la demanda aumenta el sistema PACOMONITOR activa la segunda bomba, cuando se logra llenar el tanque hasta el nivel máximo establecido, un presostato se dispara y para la(s) bomba(s) y el tanque queda en el control de suministro de la red.

3.6.3. - OTRAS CONSIDERACIONES

La válvula PACOMONITOR, da la libertad al proyectista de adaptar el sistema de suministro de agua a condiciones específicas de la red, tales como:

- a. - Con tanque de presión dimensionado para la unidad piloto con caudal restringido o no.
- b. - Como sistema de relevo (booster) para aumentar la presión en un gran tramo de tubería.
- c. - Con recirculación para mantener presiones constante en redes que así lo requieren.

3.7. - SISTEMA DE BOMBEO A PRESION CONSTANTE TIPO TANKLESS

3.7.1. - GENERALIDADES

El sistema de bombeo tipo TANKLESS es un sistema de bombeo a velocidad fija contra red

cerrada de dos o más bombas funcionando en paralelo. Como su nombre lo indica es un hidroneumático al cual se le ha eliminado el tanque metálico, y opera a través del uso de interruptores de presión (Presostátos), y por tanto el encendido y apagado de las bombas depende de las variaciones de presión estática en la red servida.

3.7.2. - DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA TANKLESS

Para el dimensionamiento del sistema TANKLESS se sigue (con algunas variaciones) pasos similares a los utilizados para el cálculo de los sistemas hidroneumáticos y PACOMONITOR.

A continuación se presenta el procedimiento de cálculo:

3.7.2.1. - DETERMINACION DE LOS CAUDALES

El caudal máximo en la red se podrá calcular con cualquiera de los métodos conocidos, entre los cuales se recomiendan los expuestos en el capítulo I, con cualquiera de estos métodos se obtendrá un resultado bastante aproximado a las exigencias reales de la red. Para el cálculo de los caudales medio y mínimo se seguirán los mismos procedimientos que para el cálculo del sistema PACOMONITOR.

3.7.2.2. - DETERMINACION DE LAS PRESIONES EN LA RED

Al igual que para el PACOMONITOR las presiones requeridas en las redes se calculan según el procedimiento ya mencionado en este capítulo, calculando para cada caudal las presiones y cargas dinámicas total de bombeo.

3.7.2.3. - DETERMINACION DE LAS PRESIONES DE OPERACION DE LAS BOMBAS

El cálculo del sistema TANKLESS es prácticamente el mismo que el del sistema PACOMONITOR con la excepción que se expone a continuación, referente al cálculo de las presiones de encendido y apagado de las bombas.

La curva de funcionamiento del sistema debe garantizar que los puntos de transferencia de las unidades de bombeo de servicio N° 2 quede por debajo de la presión de apagado (Presión Techo) de la misma, dicho punto debe calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{P_2}{P_1} \quad (26)$$

donde:

Q2: Es el caudal desconocido a ser entregado por la bomba en turno de servicio N° 2.

Q1: Es el caudal entregado por la bomba en turno de servicio N° 1 en la intersección de su curva con el límite mínimo de presión del sistema.

P1: Límite mínimo de presión del sistema (presión piso).

P2: Límite máximo de presión del sistema (presión techo).

El cálculo de la presión techo, se efectuará por tanteo; empezando con un estimado de Q2 y luego reestimandolo con los P2 resultantes hasta un límite de equilibrio.

El cálculo del límite mínimo de presión (presión piso) del sistema es igual que en los equipos hidroneumáticos, pero el límite máximo del mismo está sujeto a cálculo según la curva característica de la unidad a utilizar y siempre es deseable que el diferencial de presión no sea nunca superior a 20 psi (14 m. de columna de agua); si el diferencial resultante, dado las características de la curva a utilizarse, resulta superior a este valor, hay que proveer un juego de válvulas reguladoras de presión a la descarga general del equipo, teniendo especial cuidado en incluir el cálculo del límite mínimo de la caída de presión a través de las reguladoras.

Se deben tener siempre en consideración que la curva de comportamiento de la red servirá de referencia para la selección de las bombas. Observe la gráfica N° 2 del anexo G.

3.7.3. - DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOMBAS Y MOTORES

Para la determinación de los caudales de bombeo así como el número de bombas tanto piloto como de servicio, refiérase a la tabla N° 16 (anexo F) del anexo referente al PACOMONITOR.

En los equipos accionados por presostátos debe evitarse en lo posible el uso de unidades pilotos, dado lo difícil que resulta la graduación de los presostátos en este caso particular.

Debido a que los sistemas de bombeo se ven sometidos a variaciones de presiones bruscas, las cuales ellos deben estar en la capacidad de controlar, debe proveerse la recirculación al tanque de abastecimiento. En el caso de caudales de demanda cercanos a cero, el caudal mínimo de recirculación será de 0.15 lts/seg por HP aplicado, y se logra por medio de dos formas básicas descritas a continuación:

a. - Si la presión de cierre de las unidades de bombeo es mayor de 10 psi (7 m de columna de agua) en el valor del límite máximo del sistema se usará una válvula de alivio que permita la recirculación del caudal antes mencionado, dicho válvula debe tener incorporado un controlador de caudal de recirculación dentro de los límites previstos.

b. - Si la presión de cierre de las unidades de bombeo es menor de 10 psi (7 m de columna de agua) del valor del límite máximo de presión del sistema. Se recomienda la utilización de una válvula solenoide accionada por termostato que medirá la temperatura de las carcazas de las bombas, abriendo las válvulas solenoide cada vez que la temperatura de la unidad de bombeo alcance 55 °C y cerrando la misma al valor de 35 °C.

CAPITULO IV

DIMENSIONAMIENTO DE SISTEMA DE BOMBEO PARA SERVICIO CONTRA INCENDIO

4.1. - GENERALIDADES

Toda edificación bien diseñada debe constar además de su red de distribución para aguas blancas, destinada ya sea al uso doméstico, industrial, etc., de una red destinada a la extinción de incendios que se puedan suscitar en la misma.

En el presente capítulo se expondrán muchos de los puntos a ser considerados en el dimensionamiento del sistema de bombeo contra incendio, en particular los sistemas fijos de extinción con agua por medio de impulsión propio.

4.2. - SISTEMA FIJO DE EXTINCION CON AGUA POR MEDIO DE IMPULSION PROPIO

Como su nombre lo indica este sistema consta de un medio de impulsión totalmente independiente (bomba(s)) con su red de tubería, válvulas, bocas de agua y una reserva permanente de agua, la cual puede ser: Un tanque bajo, un tanque elevado u oro reservorio para agua.

4.3. - CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS

El sistema fijo de extinción por agua por medio de impulsión propio se clasificará según el diámetro de la válvulas y las conexiones o bocas de agua para la instalación de las mangueras, en: CLASES I y II.

4.3.1. - SISTEMA CLASE I

Es aquel que utiliza bocas de agua acopladas a válvulas de diámetro igual a 1-1/2" y conectadas a sus correspondientes mangueras de igual diámetro, observe las figuras N° 24 y 26 del (anexo H).

Ejemplos de edificaciones donde se encuentran este tipo de sistema se presentan en la tabla N° 20

(anexo H). Dicha tabla intenta presentar en forma completa los tipos de edificaciones que se ubican dentro de esta clasificación y por lo tanto lo no ubicado en la misma, se podrá considerar como Sistema Clase II.

4.3.2. - SISTEMA CLASE II

Este tipo de sistema se divide a su vez en dos clases, a saber CLASE IIA Y IIB:

4.3.2.1. - SISTEMA CLASE II A

Este sistema utiliza dos bocas de agua de diámetros diferentes, una de 1-1/2" a la que se le conecta una manguera de igual diámetro, y otra boca de 2-1/2" a la cual se le conecta también una manguera de igual diámetro, y la misma está destinada para el uso exclusivo de los bomberos y/o personal de seguridad. Para la misma se recomienda que exista en el sitio de ubicación un acople reductor de 2-1/2" a 1-1/2", esto se ilustra en la figura N° 27 (anexo H).

4.3.2.2. - SISTEMA CLASE II B

Es aquel que utiliza una boca de agua de 2-1/2" y a la cual se conecta una manguera de igual diámetro, ya sea en porta manguera ó arrollada en espiral, figura N° 28 (anexo H).

Cuando en una edificación se encuentren varios tipos de ocupación, se tomarán las exigencias de protección de la ocupación de mayor riesgo, al menos que la actividad sea considerada como sector de incendio independiente, en cuyo caso el sistema se dimensionará de manera independiente para cada tipo.

4.4. - CAUDAL MINIMO DEL MEDIO DE IMPULSION

Para los sistemas clasificados como Clase I, se dispondrá de un medio de impulsión con una capacidad no menor de 6.5 lts/seg (100 gal/min) por unidad de edificación.

Para sistemas considerados como Clase II, el caudal mínimo del medio de impulsión deberá ser de 32 lts/seg (500 gal/min) para cada unidad de edificación y por cada adicional se le deberá agregar a la capacidad del sistema 16 lts/seg (250 gal/min).

En aquellas edificaciones donde exista una sola boca de agua con manguera, el caudal mínimo deberá ser, para el medio de impulsión, de 3,25 lts/seg (50 gal/min).

La capacidad del sistema que abastece a varias edificaciones tendrá el doble del caudal requerido por la edificación de mayor demanda.

4.5. - ALMACENAMIENTO DE AGUA

El volumen de la reserva de agua, deberá ser tal que garantice el caudal requerido por un tiempo no menor de 60 min, igualmente será cuando se utilice una fuente común.

4.6. - DETERMINACION DE LAS PERDIDAS, PRESION MINIMA REQUERIDA Y DIAMETROS DE LAS TUBERIAS DE SUCCION Y DESCARGA DE LAS BOMBAS

Las pérdidas debidas a la fricción en la tubería, cambio de dirección en válvulas y conexiones, así como también el cálculo de la Altura Dinámica Total se obtendrán según lo explicado en el capítulo II, con la variante de que la Presión Mínima Residual deberá ser de 45.5 metros de columna de agua (65 psi) en la boca de agua hidráulicamente mas desfavorable, con el caudal requerido. En los sitios de presión mayor de 70 metros de columna de agua (100 psi) (Sistemas Clase I y bocas de agua de 1-1/2" de diámetro de los Sistemas Clase II) se deberán instalar válvulas reductoras de presión sobre el ramal correspondiente.

Los diámetros de las tuberías, deberán estar basados en el diseño y cálculo hidráulico de la presión y el caudal mínimo establecido.

La tabla N° 21 (anexo H) indica, a manera de información, los diámetros mínimos de succión y descarga de las bombas centrífugas contra incendio.

CAPITULO V

DIMENSIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE EVACUACION DE AGUAS

5.1. - GENERALIDADES.

Cuando por razones topográficas y de localización no permitan utilizar la fuerza de la gravedad para evacuar las aguas negras, de lluvia o provenientes del subsuelo (agua freática), es necesario recurrir a medios artificiales para elevar el agua a una altura conveniente y conducirla hasta la cloaca pública. Para este fin se dispone de motobombas que suministrarán el trabajo necesario.

El método de selección del sistema de evacuación de aguas servidas se realiza de manera muy similar al método utilizado para aguas blancas. Tanto para la selección de los sistemas de bombeo para aguas de lluvias y aguas subterráneas se presenta el inconveniente de la variabilidad del caudal afluente, y de aquí que se pueda caer en sub ó sobredimensionamiento de dichos sistemas.

5.2. - SISTEMA DE EVACUACION DE AGUAS SERVIDAS

El sistema de evacuación de aguas negras está constituido por el conjunto de tuberías y de ser necesario de bomba(s) y pozo de recolección. La figura N° 29 muestra la vista en planta de un pozo de recolección. Este sistema recoge las aguas usadas en la edificación y por lo tanto, los aportes de agua que circulan estarán casi en su totalidad definidos por los consumos de agua para fines domésticos, comerciales, industriales, etc. Es bueno hacer notar que no toda el agua suplida vuelve, en forma de agua usada, a las cloacas, ya que parte es descargada fuera del sistema de recolección.

5.3. - DETERMINACION DEL CAUDAL AFLUENTE Y ALTURA DINAMICA TOTAL DE BOMBEO

El gasto máximo afluente al pozo se podrá determinar en función del número de unidades de gastos asignadas a las piezas sanitarias, es decir, a través del METODO DE HUNTER el cual da resultados bastantes exactos para este tipo de sistemas (Ver Capitulo I), sin embargo, no se descarta la posibilidad de utilizar cualquier otro método claramente definido.

El cálculo de la Altura Dinámica Total es muy simple ya que en el procedimiento, algunos de los términos de la ecuación del ADT (ecuación N° 3) se consideran como nulos y otros se cancelan. Por ejemplo: La altura de succión se consideró siempre como positiva puesto que la(s) bomba(s) normalmente es sumergible; la presión residual se anula puesto que, el agua se descarga en la cloaca y se encuentra a presión atmosférica (Ver Capitulo II).

5.4. - DIMENSIONAMIENTO DEL POZO DE RECOLECCION O POZO HUMEDO

Para el dimensionamiento del pozo, básicamente se considerarán dos parámetros:

5.4.1. - Tiempo de detención de las aguas servidas en el pozo.

5.4.2. - Intervalo entre dos arranques sucesivos del motor de la bomba.

5.4.1. - TIEMPO DE DETENCION

5.4.1.1. - Es recomendable (según la Gaceta Oficial vigente N° 4.044 extraordinaria) considerar un tiempo límite de 10 y 30 minutos (T), por razones de autobiodegradación ofensiva. En tal sentido, es recomendable que su capacidad no exceda el volumen equivalente a 30 minutos de gasto medio probable (Q), ni sea menor que el equivalente a 10 minutos del mismo.

5.4.1.2. - El volumen a calcular será una porción comprendida entre el nivel mínimo y el máximo de operación (V); quedando un volumen del nivel mínimo al fondo con suficiente altura para que la bomba sumergible funcione eficientemente. Observe la figura N° 30.

5.4.1.3. - De los dos puntos anteriores se deduce que el volumen de detención, es función del caudal medio probable y del tiempo de detención y esto se expresa de la forma siguiente:

$$V (m^3) = Q (m^3/min) * t (min.) \quad (24)$$

5.4.2. - INTERVALO ENTRE LOS ARRANQUES SUCCESIVOS DEL MOTOR

5.4.2.1. - Un intervalo de tiempo entre los arranques sucesivos del motor de la bomba puede ser de 5 min.

5.4.2.2. - El volumen a considerar, es el correspondiente a la porción del pozo comprendido entre el nivel mínimo de operación y el nivel máximo de operación. Es recomendable que la distancia entre los dos niveles supere los 0.60 m.

5.4.2.3. - Al igual que para el cálculo de los sistemas hidroneumáticos el caudal del afluente deberá ser preferiblemente la mitad del caudal de la bomba.

El volumen final del pozo entre el nivel mínimo de operación y el nivel máximo de operación será calculado según la fórmula siguiente:

$$V = 1/4 * T * Q_b \quad (25)$$

donde:

V = Volúmen del pozo húmedo en m³, entre el nivel mínimo de operación y el nivel máximo de operación por unidad de tiempo. (1minuto).

T = Intervalo de tiempo entre dos arranques sucesivos de la bomba, en minutos.

Q_b = Capacidad de la bomba en m³/min.

En esta fórmula se considera que la capacidad de la bomba (Q_b) es el doble del caudal de afluente (Q_a) que llena el pozo húmedo, con lo cual, se logra un intervalo mínimo entre dos arranques sucesivos de la bomba.

5.5. - POTENCIA DE LAS BOMBAS Y MOTORES

El calculo de la potencia tanto de las bombas como la de los motores se hará en función de la fórmulas ya planteadas las cuales se reproducen aqui.

Para el cálculo de la potencia de la bomba, tenemos:

$$HP = \frac{Q \text{ (lps) } * H \text{ (metros)}}{75 * n \text{ (\%) } / 100} \quad (14)$$

Para el cálculo de la potencia del motor, tenemos:

$$HP \text{ (motor)} = 1.3 * HP \text{ (bomba)} \text{ para motores trifásicos} \quad (15)$$

$$HP \text{ (motor)} = 1.5 * HP \text{ (bomba)} \text{ para motores monofásicos} \quad (16)$$

5.6. - SISTEMAS DE EVACUACION DE AGUAS DE LLUVIA

Como se expuso al comienzo del capitulo, la determinación del caudal posible afluente a un pozo de recepción de aguas de lluvia es algo complicado debido a que este depende única y exclusivamente

de factores naturales los cuales son sumamente diversos y aleatorios; por esta razón no se permitirá, de acuerdo, con las normas, el uso de un mismo pozo o tanquilla para la recolección de aguas negras y de lluvia, aún cuando el sistema cloacal público sea unitario. Sin embargo existen proyecciones de la intensidad de lluvia en muchas localidades, las cuales se expresan como líneas de intensidad de lluvia constante, en el atlas pluviométrico el cual se recomienda consultar.

La capacidad de drenaje de los elementos del sistema de recolección y conducción de aguas de lluvia, se calculará en función de la proyección horizontal de las áreas drenadas; de la intensidad, frecuencia y duración de las lluvias que ocurran en la respectiva localidad y de las características y especificaciones de las mismas.

Tomando detalladamente todos los factores anteriormente mencionados, se logrará determinar con muy buena aproximación, el caudal afluente en un pozo de recolección de aguas de lluvia y se deberá disponer de un sistema de bombeo completo para la conducción y evacuación de la misma. El cálculo de dicho sistema se hará siguiendo el mismo procedimiento y consideraciones tomadas en el dimensionamiento de los sistemas de agua servidas.

La capacidad de las unidades de bombeo se calculará en función de la máxima intensidad de lluvia registrada y del area a ser drenada por el sistema, de acuerdo a las fórmulas antes indicadas.

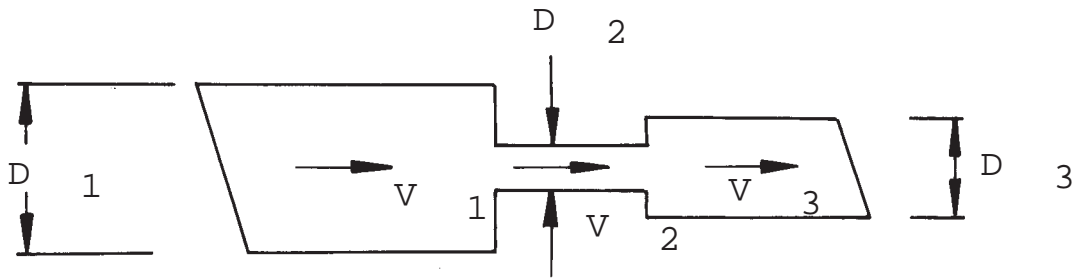


FIGURA N... 1

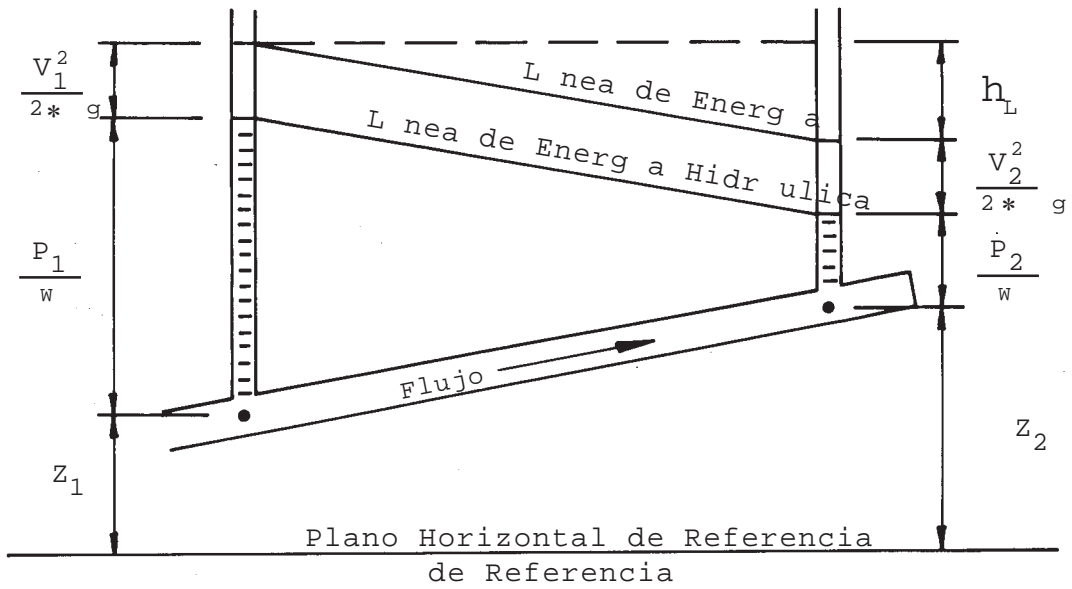


FIGURA N... 2

SUCCION NEGATIVA

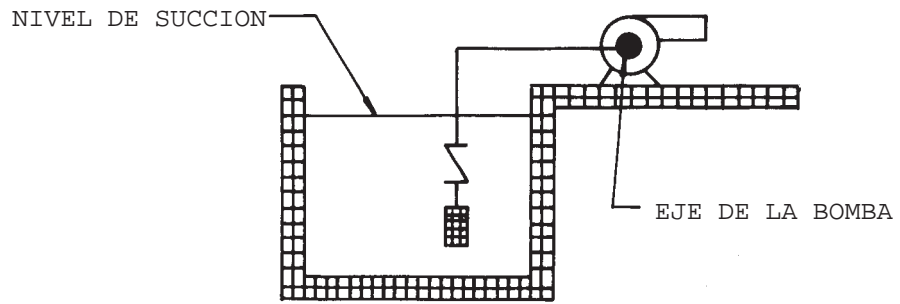


FIGURA N... 9

SUCCION POSITIVA

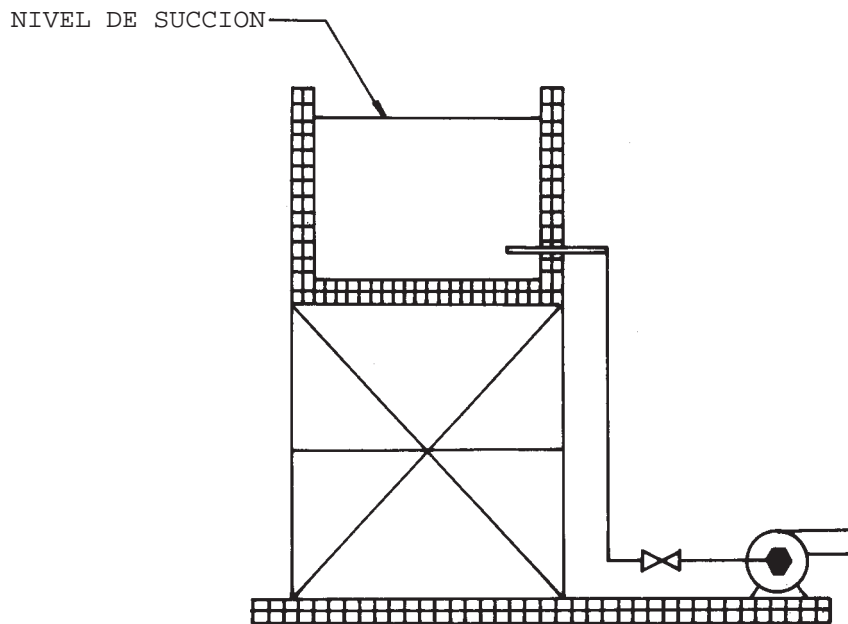


FIGURA N... 10

CASO 1

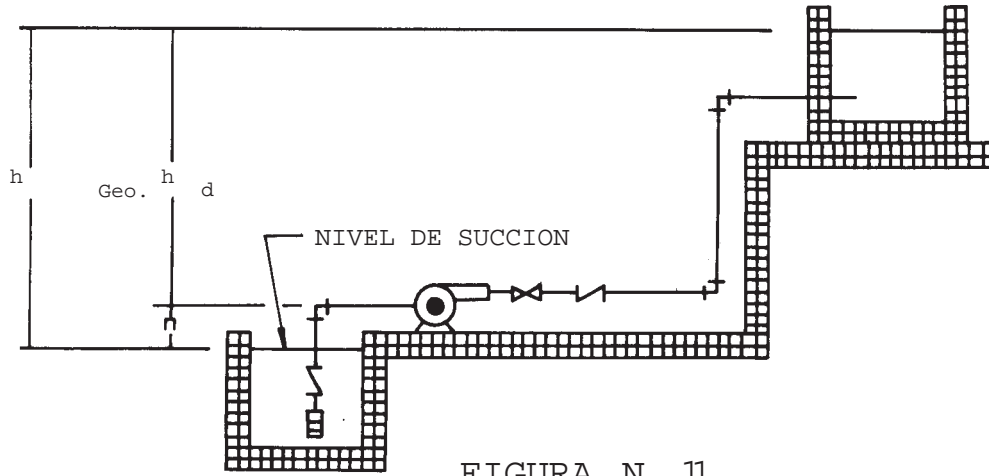


FIGURA N... 11

CASO 2

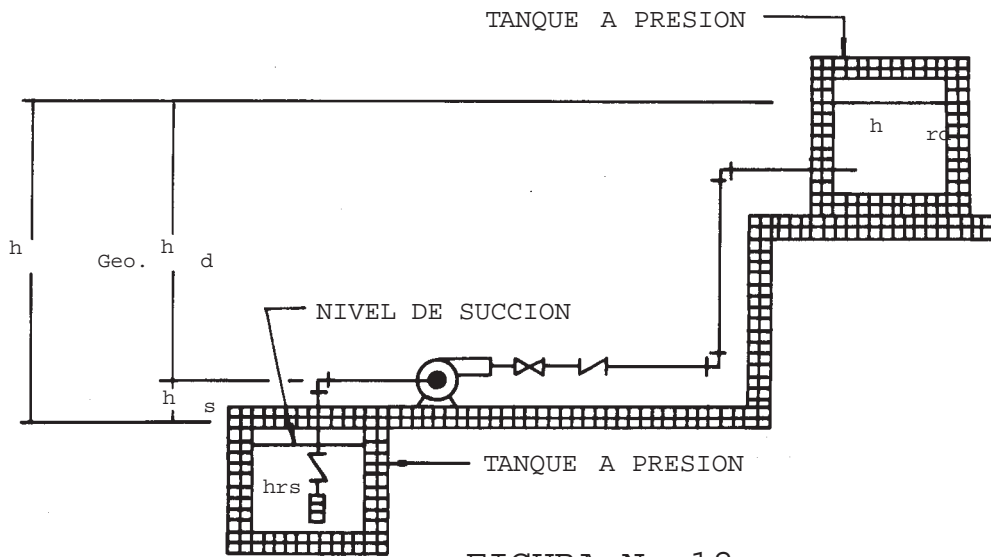


FIGURA N... 12

CASO 3

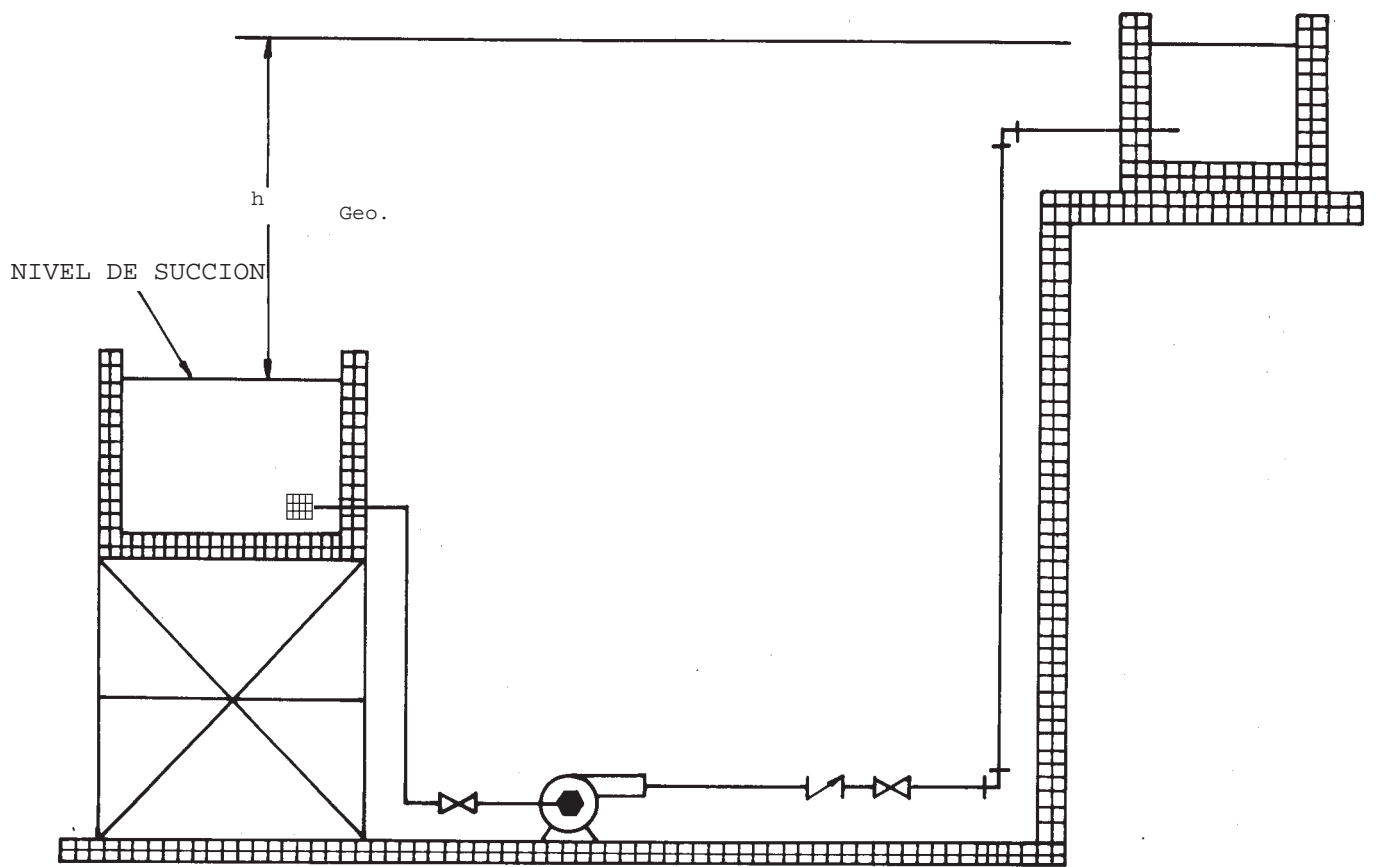


FIGURA N... 13

BOMBEO DE TANQUE A TANQUE

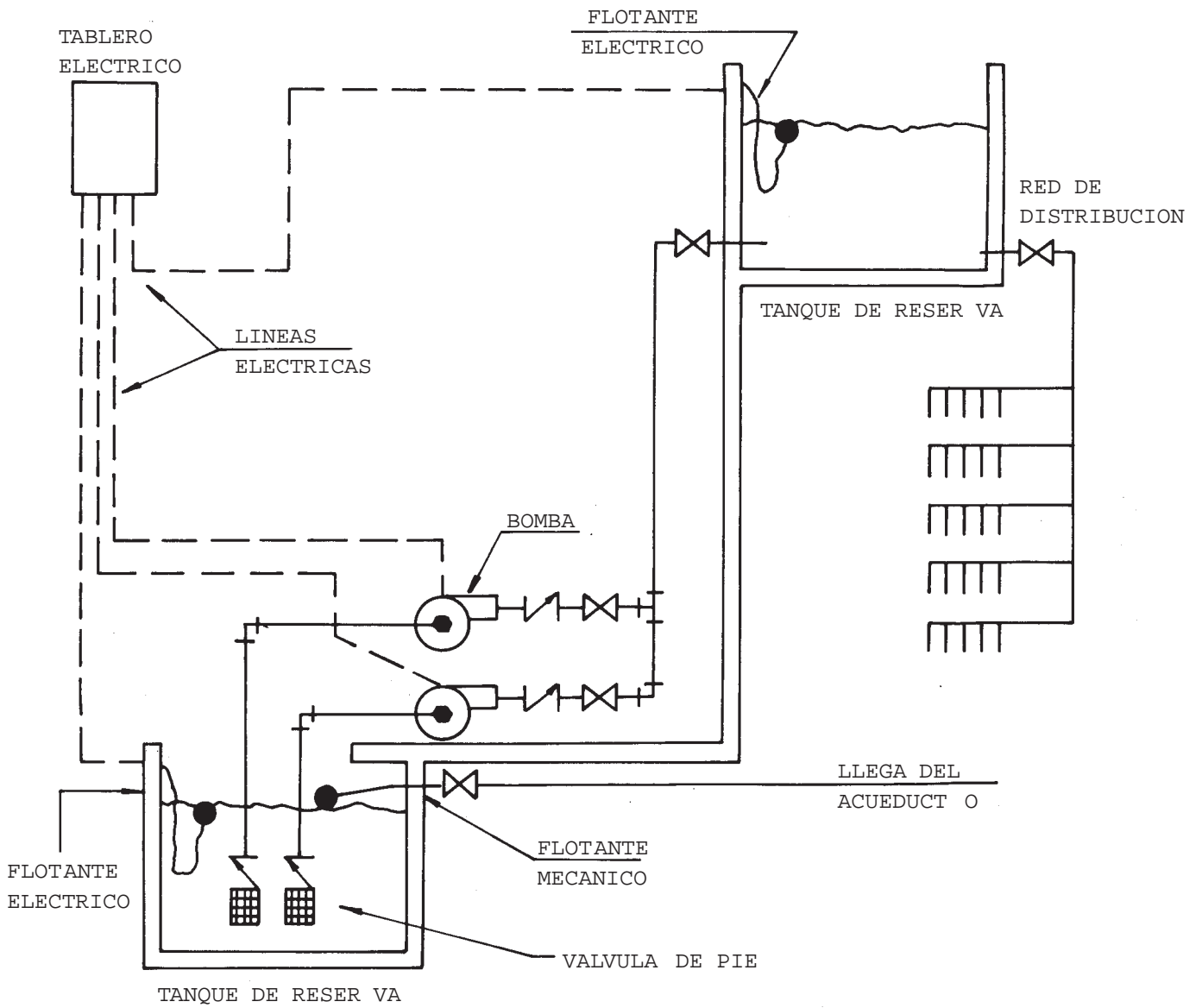


FIGURA N... 14

HIDRONEUMÁTICO PARA CASAS

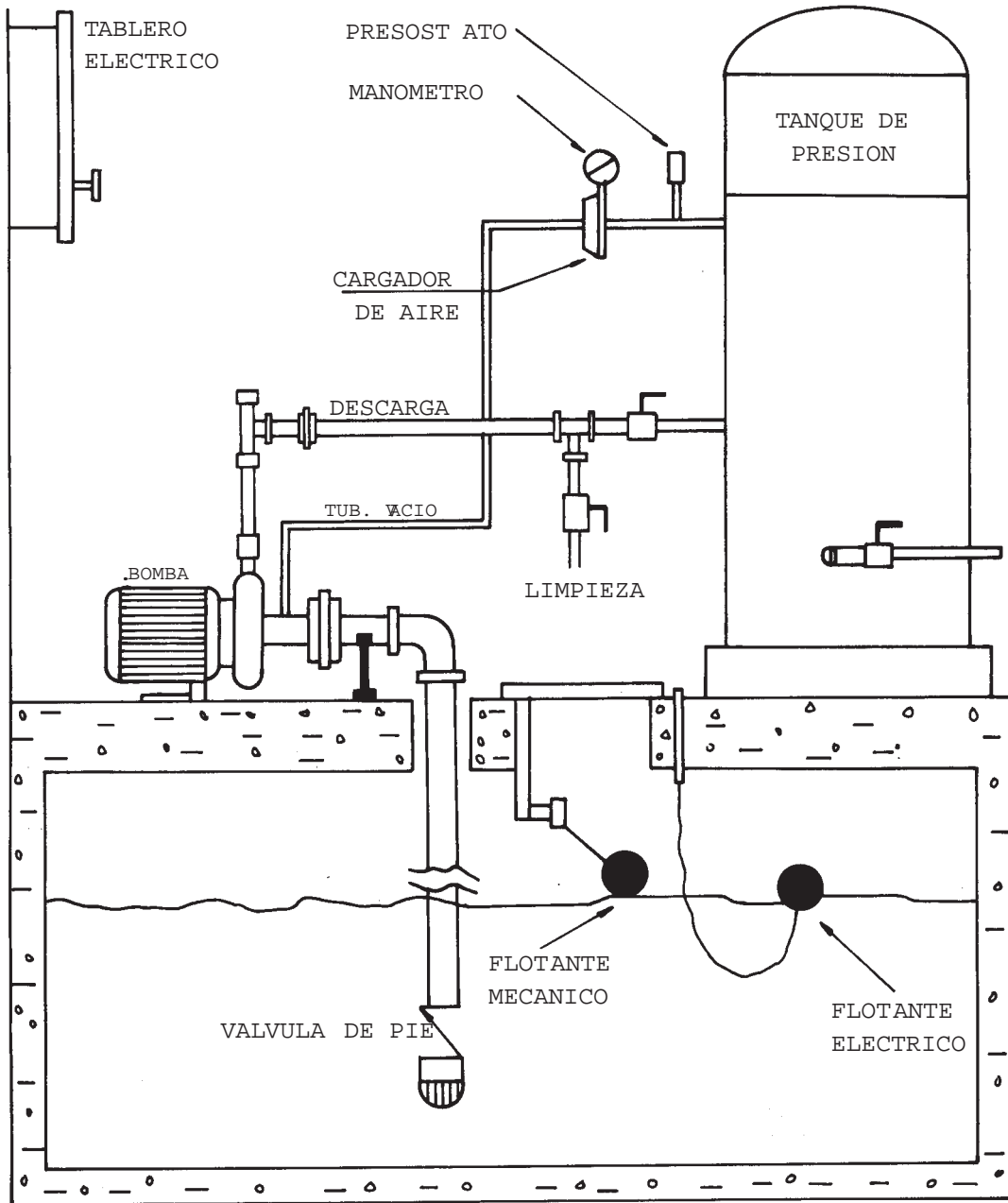


FIGURA N... 15

ESQUEMA DE UN HIDRONEUMATICO

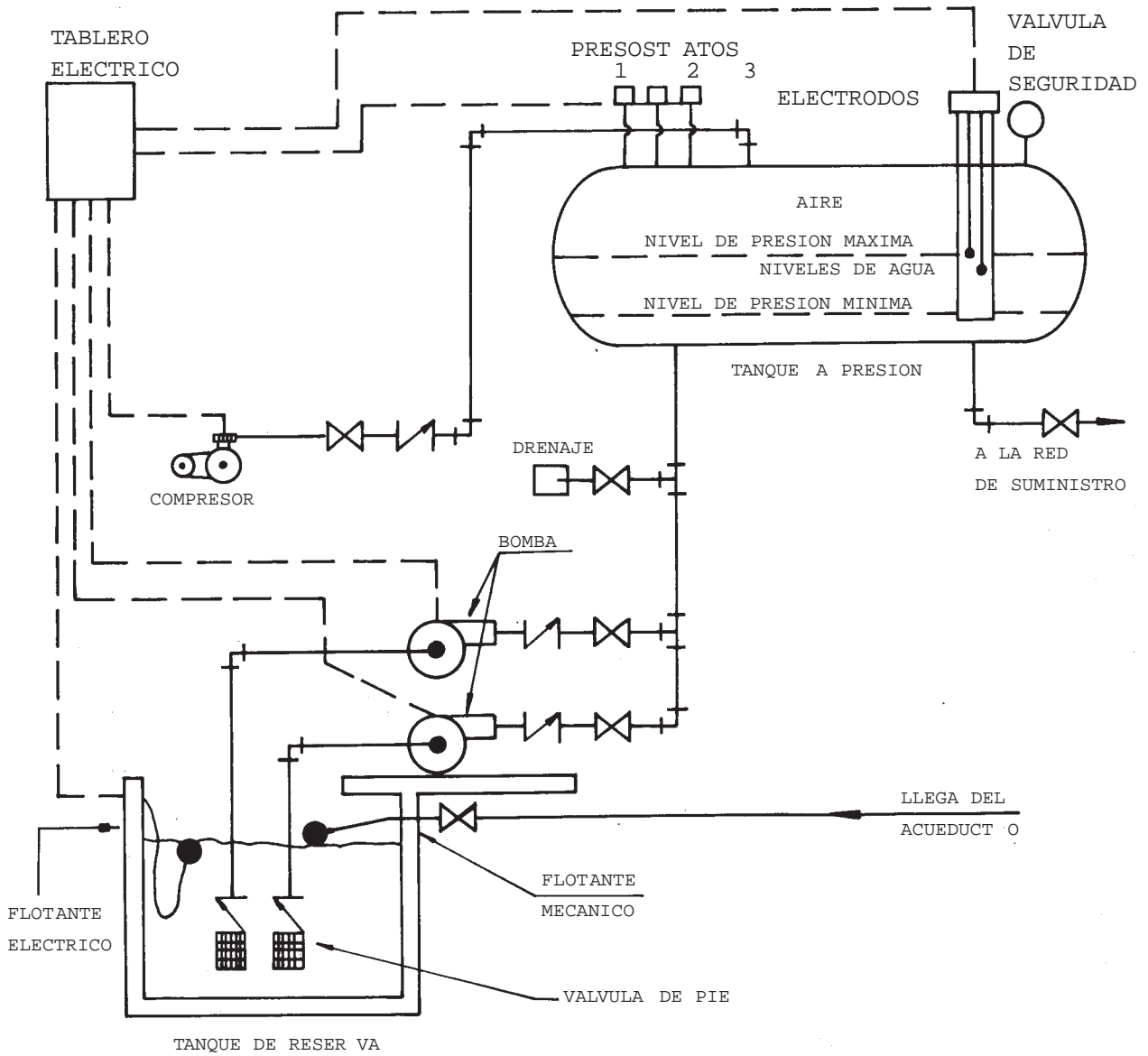


FIGURA N.. 16

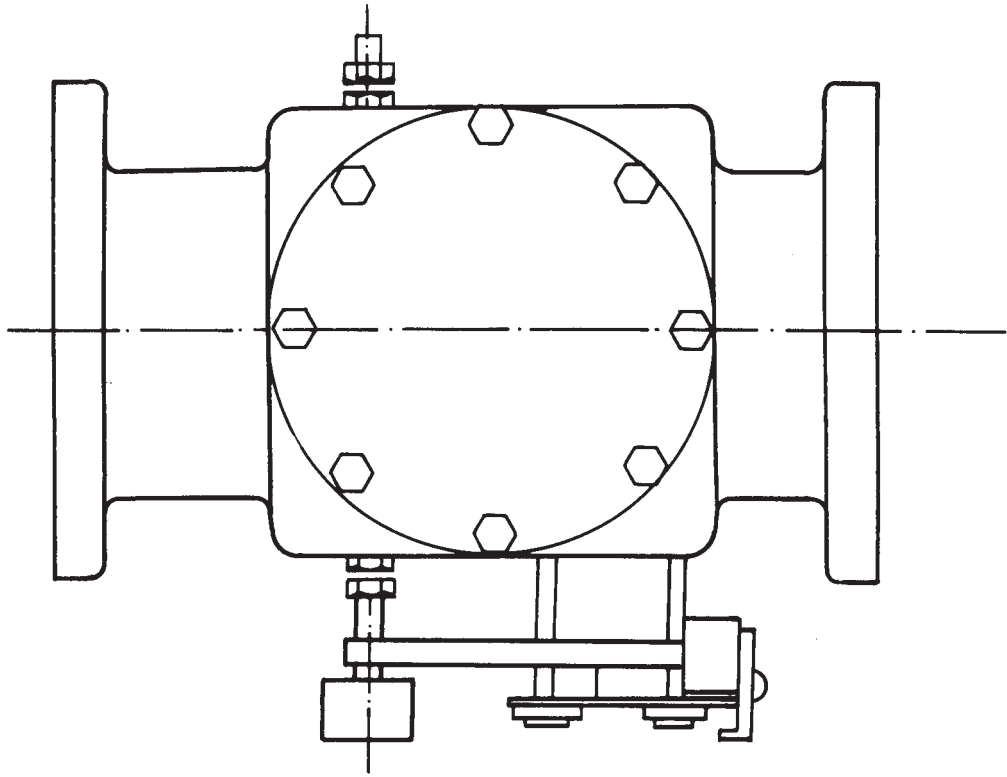


FIGURA N... 17

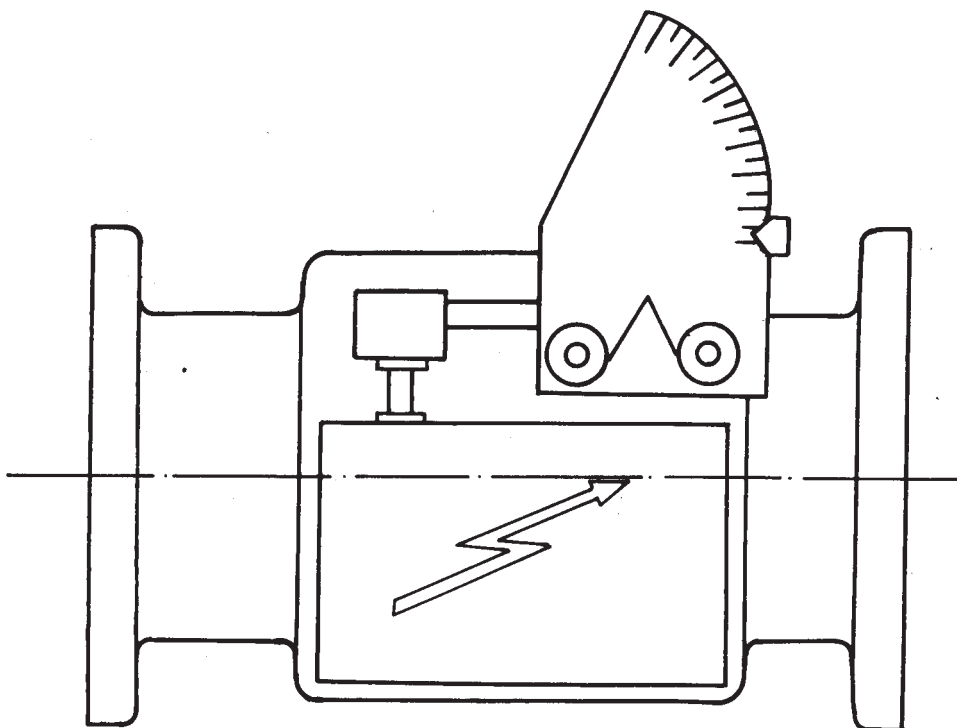


FIGURA N... 18

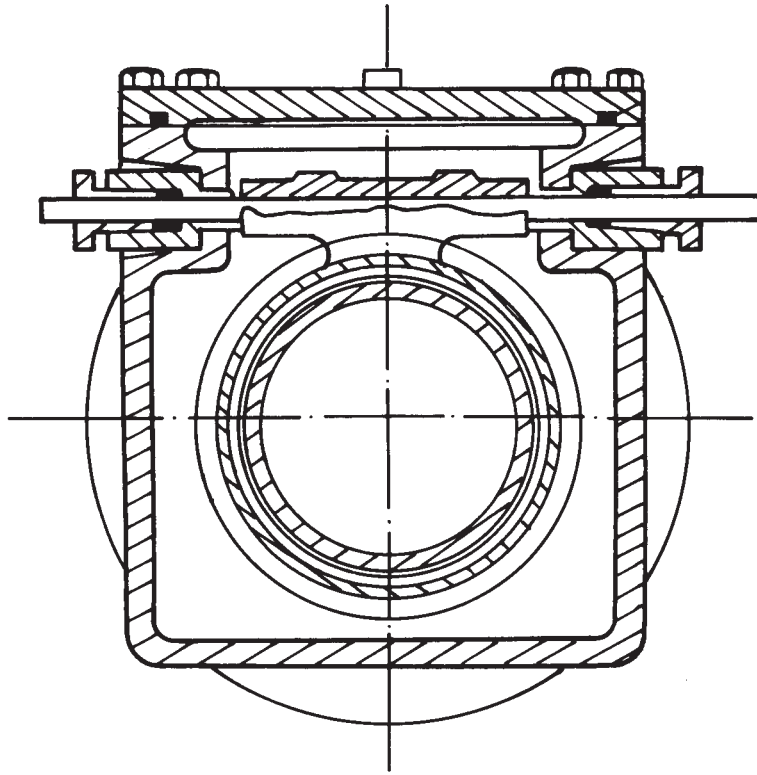


FIGURA N... 19

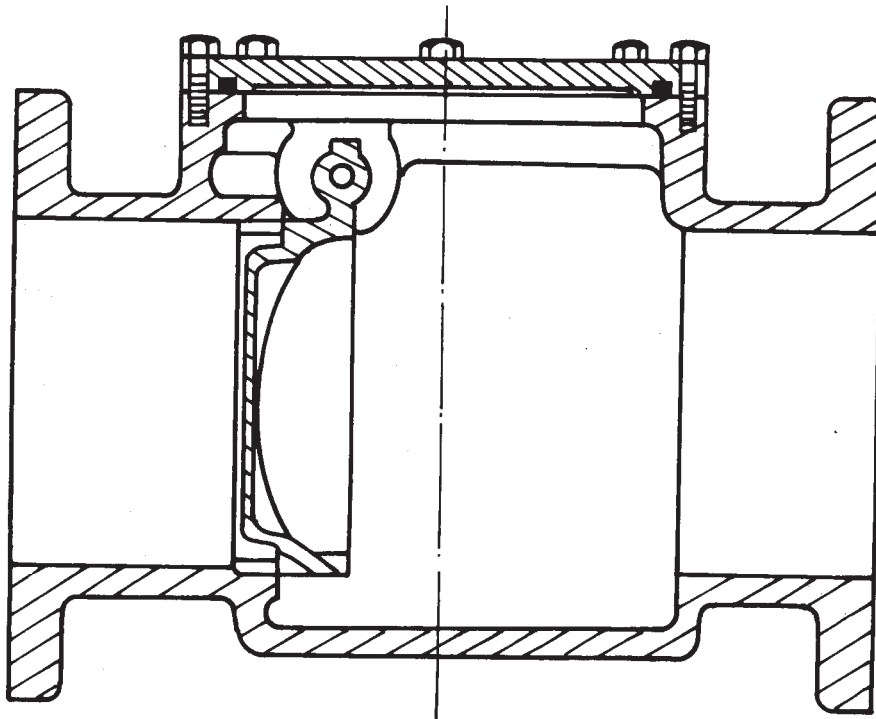


FIGURA N... 20

SISTEMA DE PRESION CONSTANTE CON TANQUE DE COMPENSACION

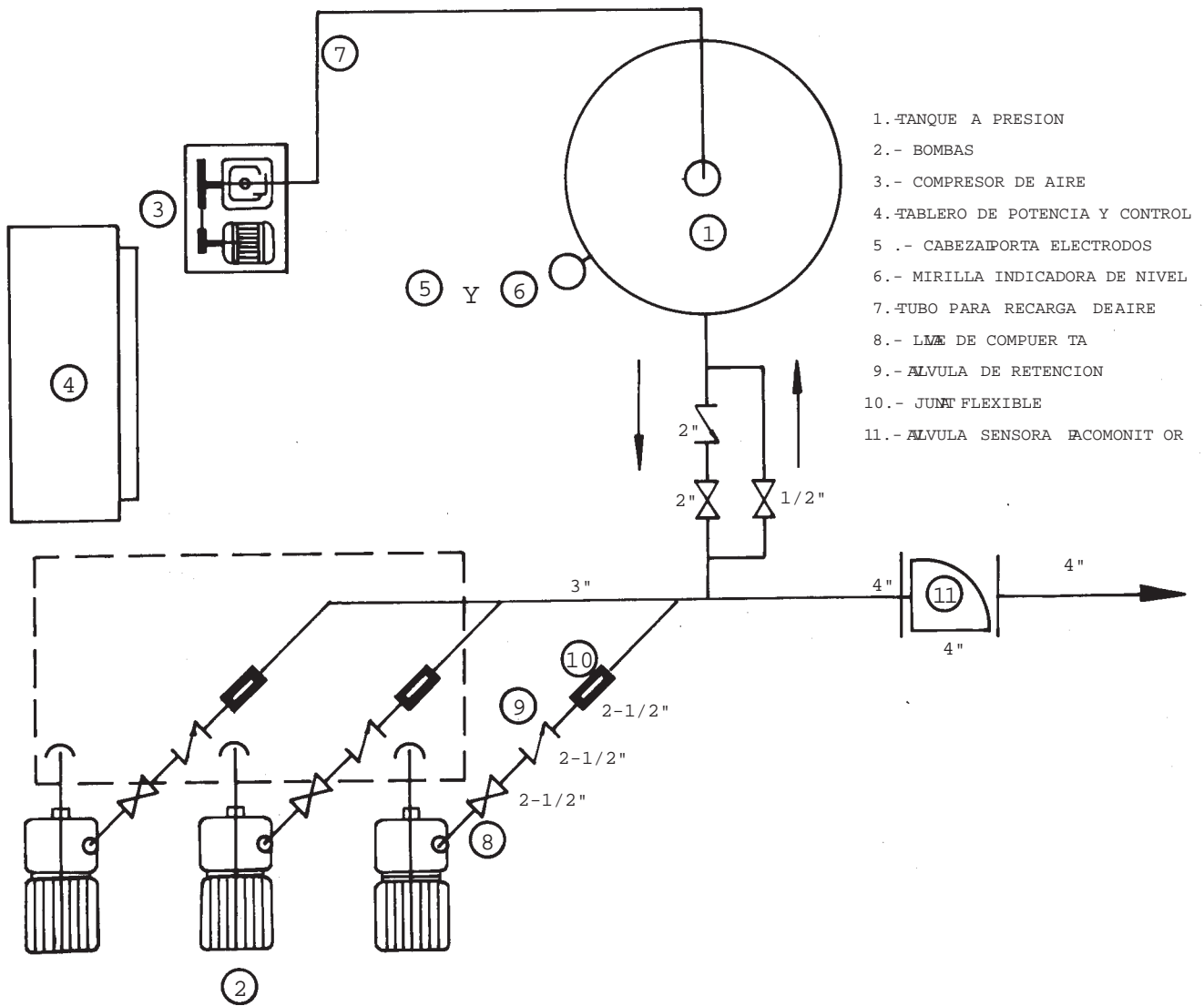


FIGURA N... 21

SISTEMA DE PRESION CONSTANTE CON TANQUE DE COMPENSACION ELEVADO

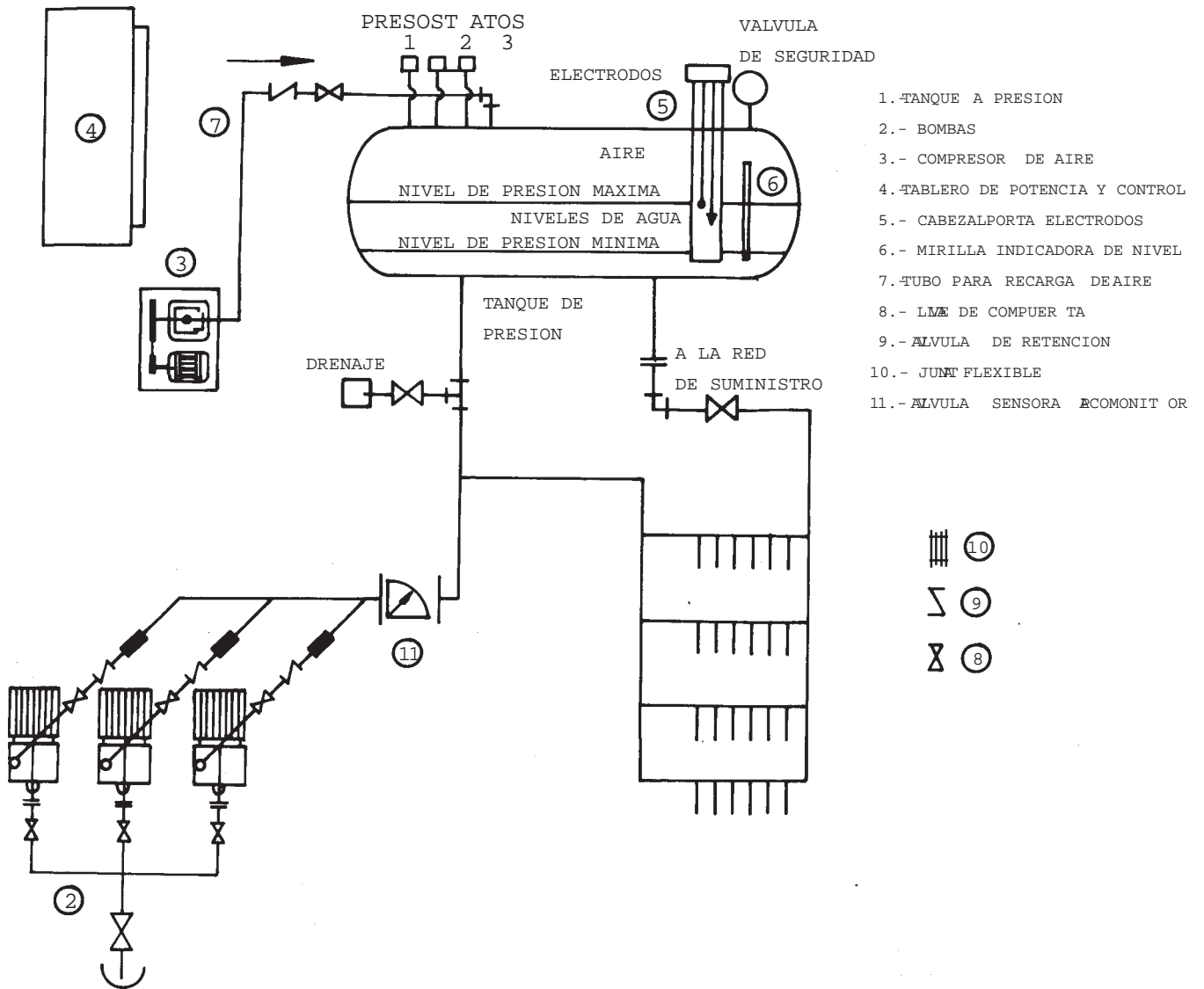
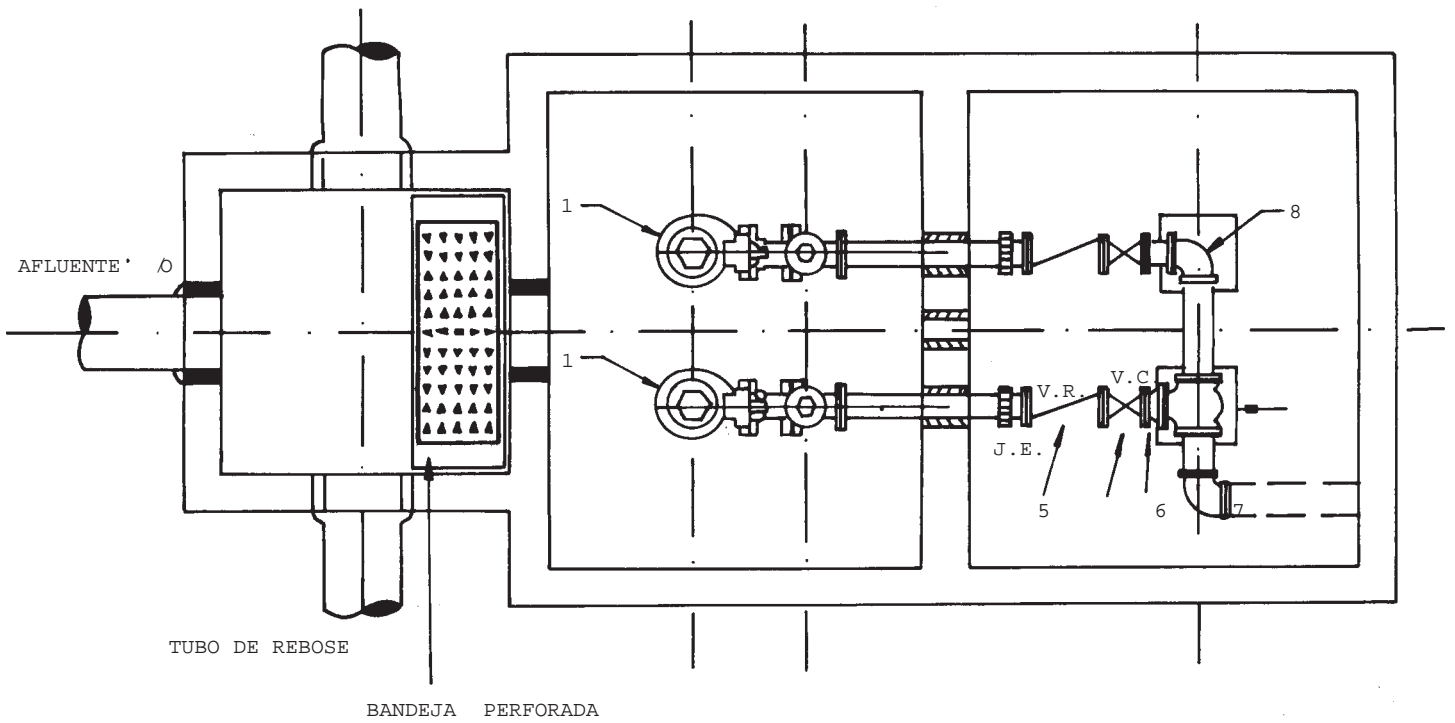


FIGURA N... 23



- 1 BOMBA SUMERGIBLE TIPO TSURUMI
- 2 CONEXION DE DESCARGA
- 3 TUBO DE ENTRADA / O
- 4 DUCTO DE VENTILACION / O
- 5 VALVULA DE RETENCION
- 6 LLAVE DE COMPUERTA
- 7 CONO REDUCTOR
- 8 CODO / O
- 9 TEE / O
- 10 BLOQUE PARA ANCLAJE DE BOMBA
- 11 REBOSE / O
- 12 TAPA DE ACCESO
- 13 JUNTA ELASTICA

NOTA:

LAS TUBERIAS AFLUENTE, REBOSE E IMPULSION
 PUEDEN SER UBICADAS INDISTINTAMENTE
 DE ACUERDO AL PROYECTO

VISTA EN PLANTA DE UN
 POZO PARA AGUAS NEGRAS

FIGURA N... 29

ESTACION DE BOMBEO PARA AGUAS NEGRAS

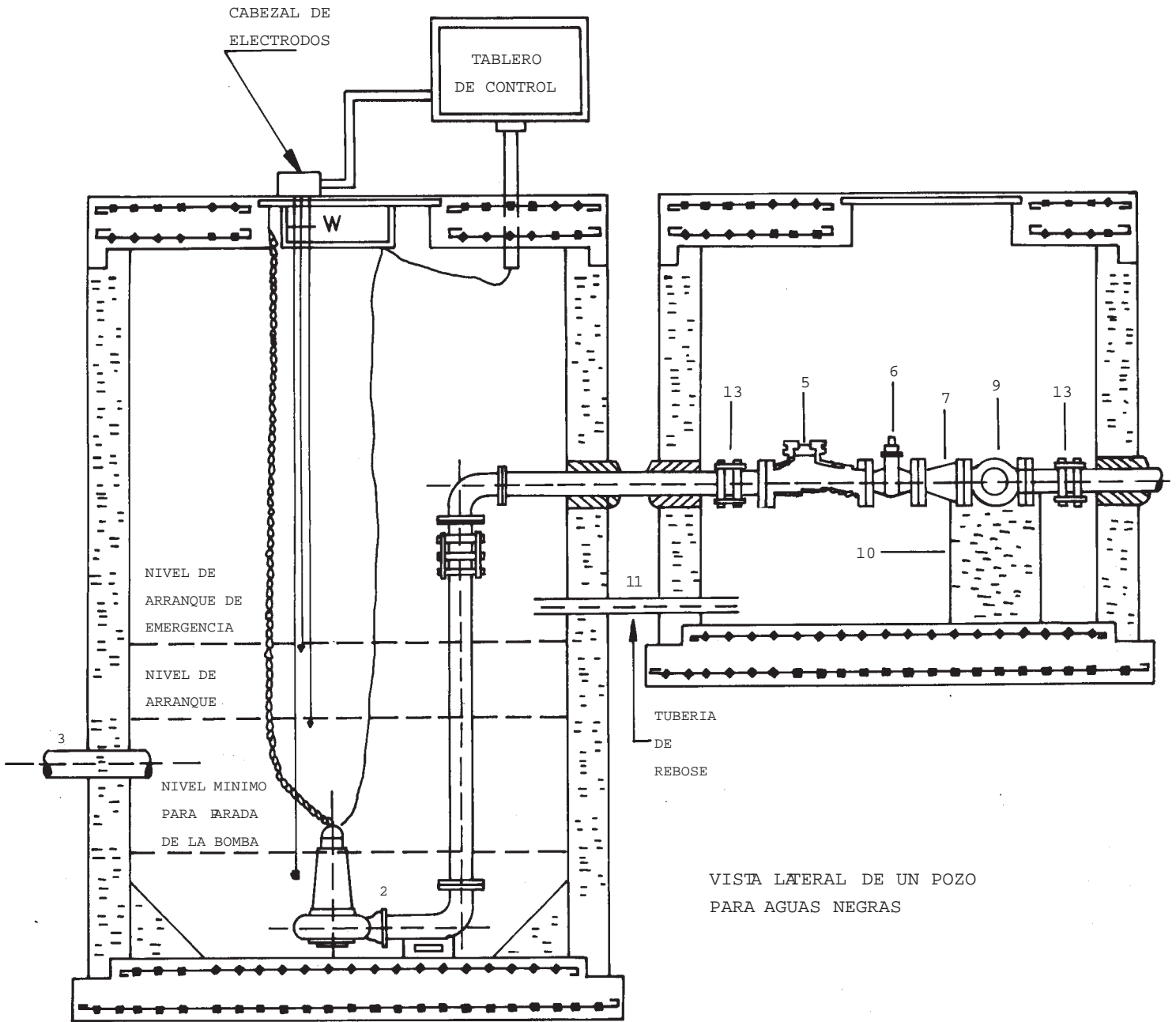
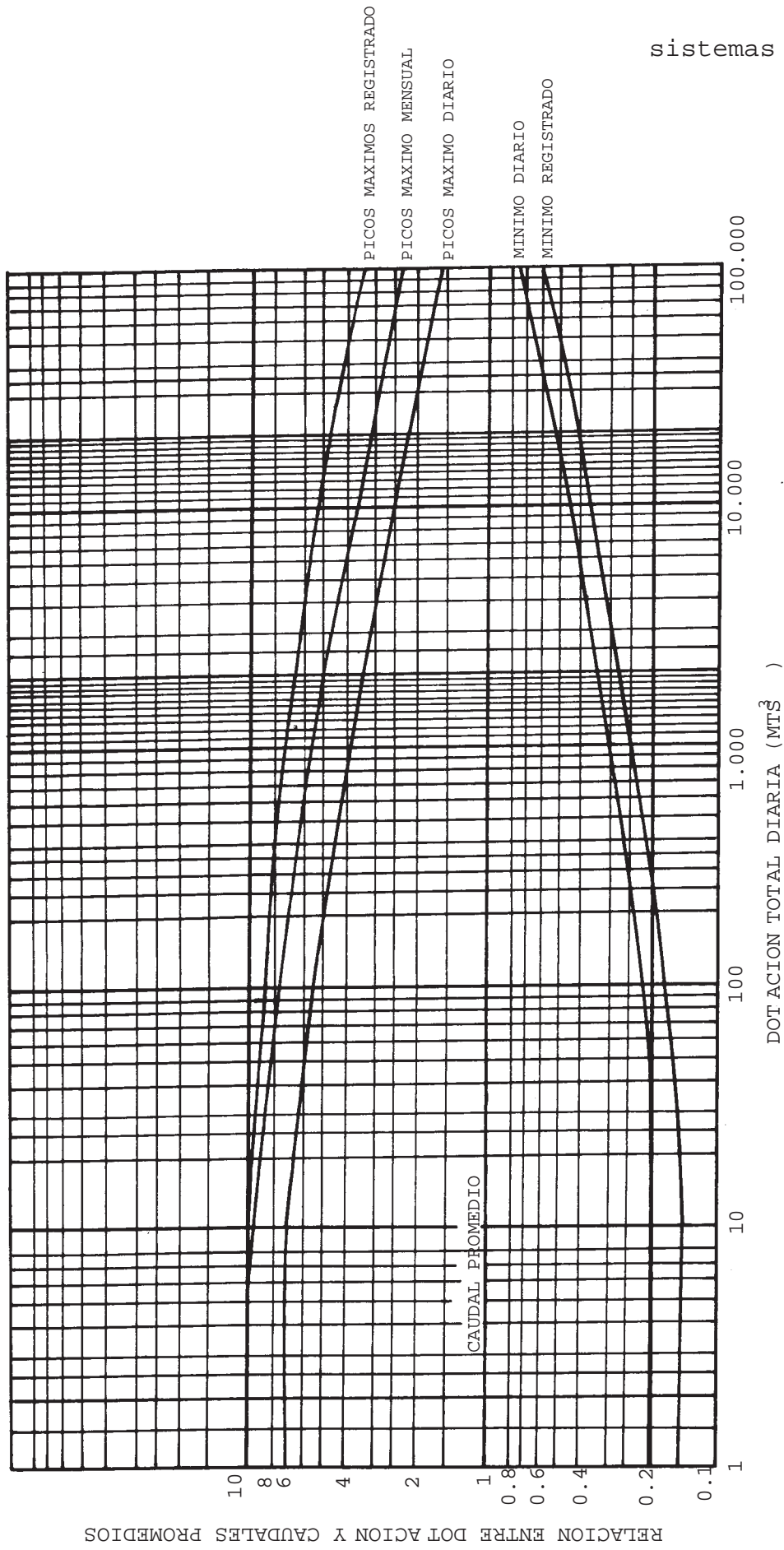


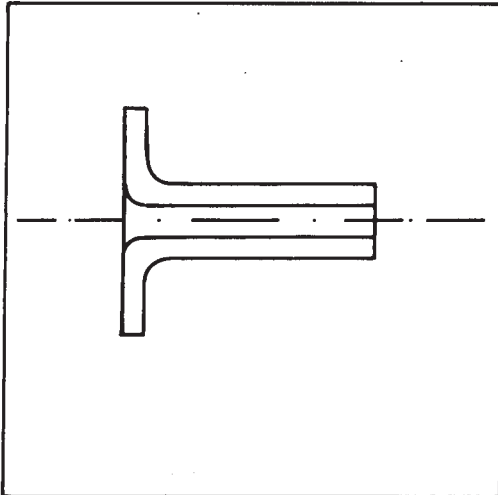
FIGURA N... 30

TABLA PARA LA DETERMINACION DE CAUDALES PICO EN REDES DE AGUAS BLANCAS P ARA CONSUMO HUMANO



CONEXIONES DIVERSAS

ENTRADAS Y SALIDAS DETANQUE

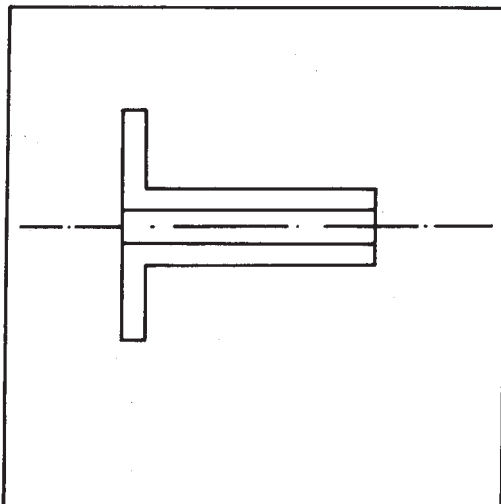


ENTRADA O REDUCTOR CON UNION DE BORDE REDONDEADA

$$K = 0.05$$

FIGURA N... 3

ENTRADAS DE ARISTA VIVA

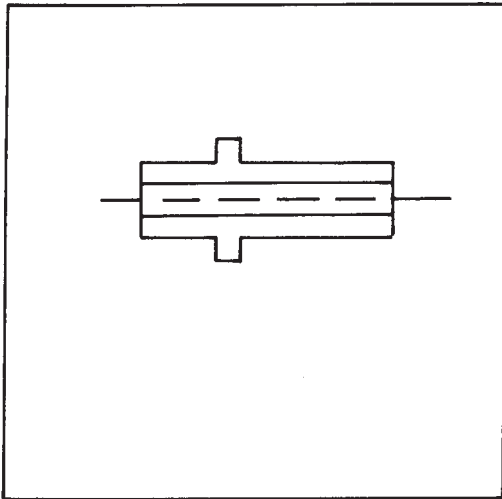


$$K = 0.5$$

FIGURA N... 4

CONEXIONES DIVERSAS
(CONTINUACION)

TUBERIA CON SALIENTE EN EL INTERIOR
DEL DEPOSITO

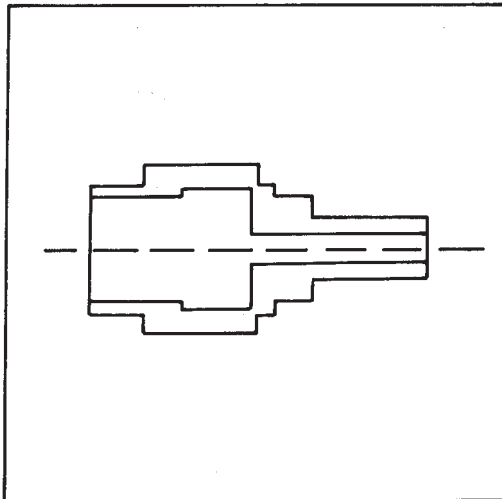


$$K = 1,0$$

NOTA: <K> DISMINUYE CON AUMENTO
DEL CALIBRE DE LOS TUBOS Y
REDONDEO DE LOS BORDES

FIGURA N... 5

REDUCCIONES E INCREMENTOS



<BUSHING> Y AUMENTO REDUCTOR

$$h = K \frac{V^2}{2g}$$

USADO COMO REDUCTOR

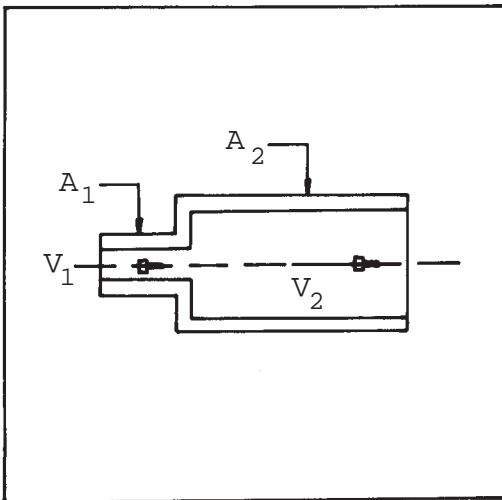
K = (0.05 , 2.0)

SI SE USARA INCREMENTAR, LA PERDIDA
PUEDE LLEGAR HASTA A UN 40% MAYOR QUE LA
CAUSADA POR AUMENTO REPENTINO.

FIGURA N... 6

CONEXIONES DIVERSAS
(CONTINUACION)

INCREMENTO REPENTINO



$$h = \frac{K (V_1^2 - V_2^2)}{2g} \text{ PIES DE LIQUIDO}$$

SI A_2 TIENDE A INFINITO $V_2 = 0$

$$h = K \frac{V_1^2}{2g} \text{ PIES DE LIQUIDO}$$

$$K = 1$$

FIGURA N... 7

REDUCCION DE DIAMETRO EN TUBERIAS

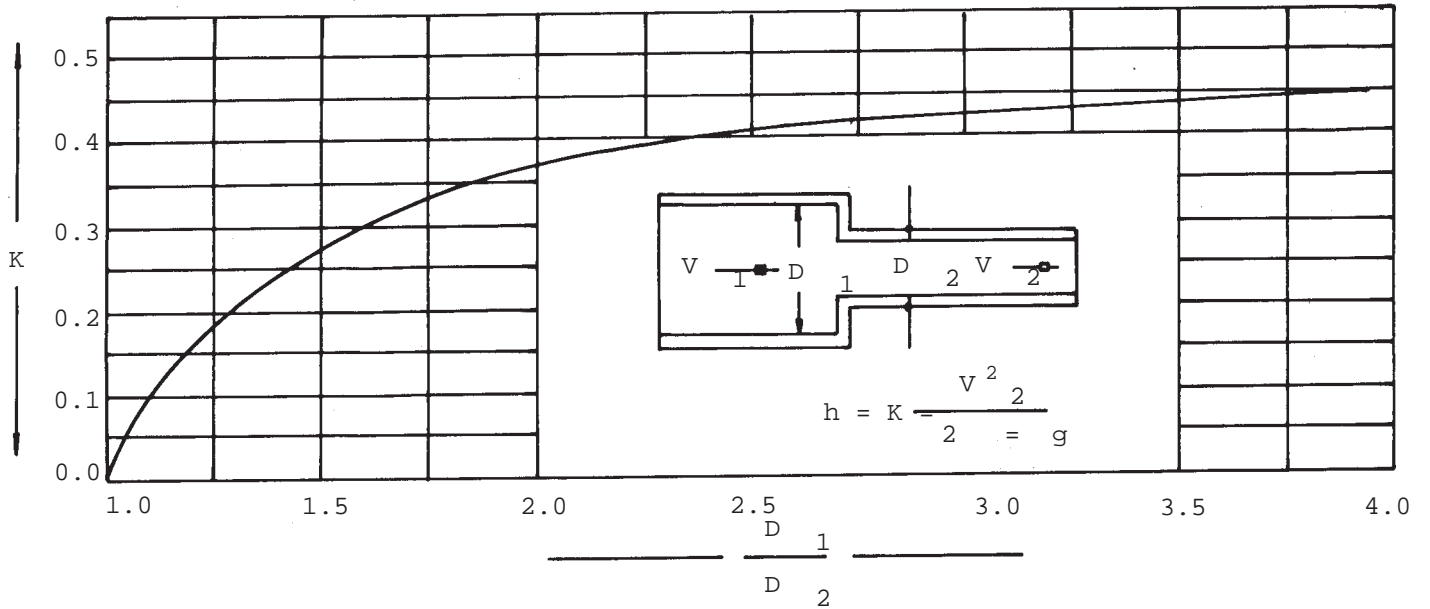
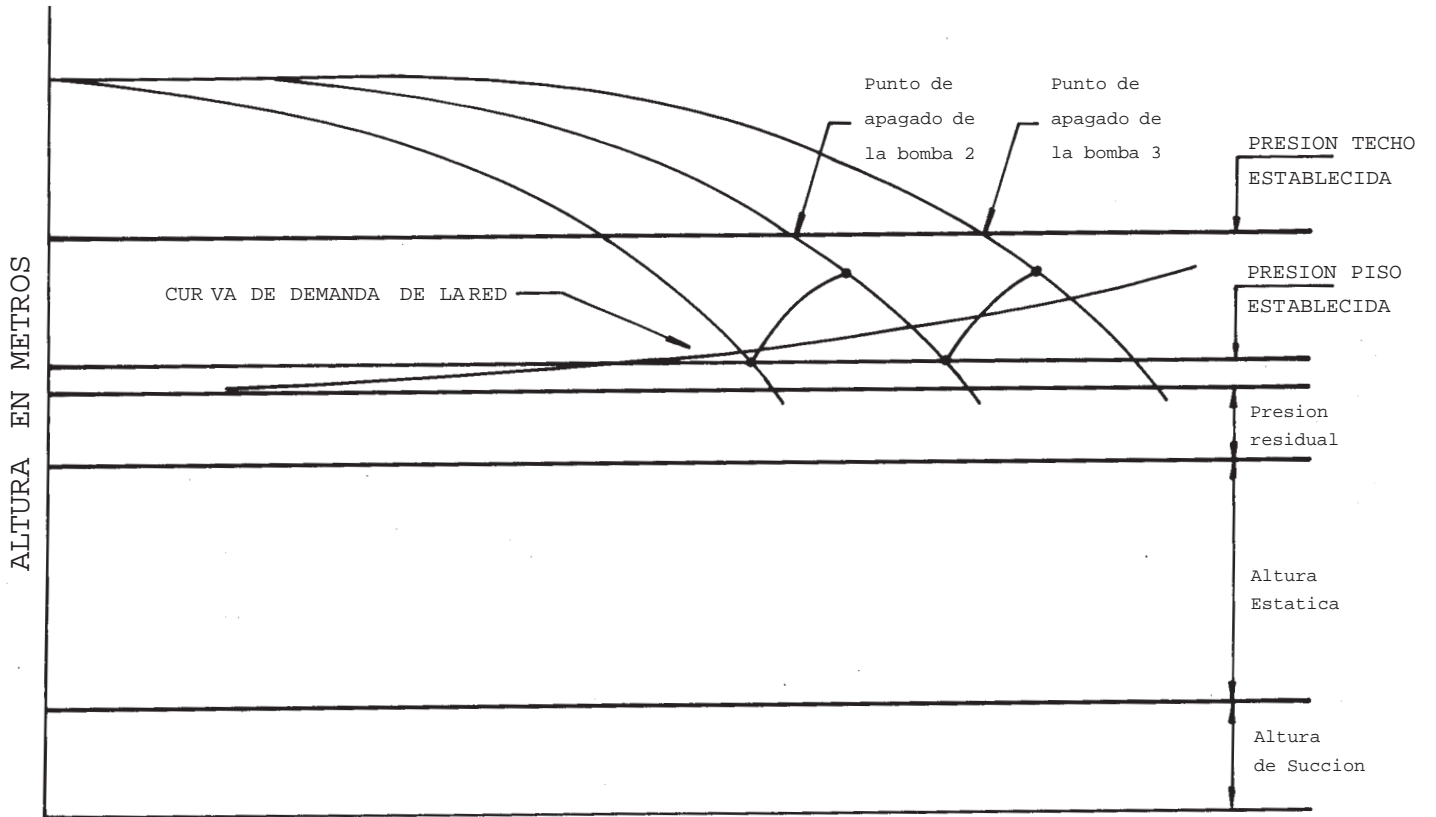


FIGURA N... 8

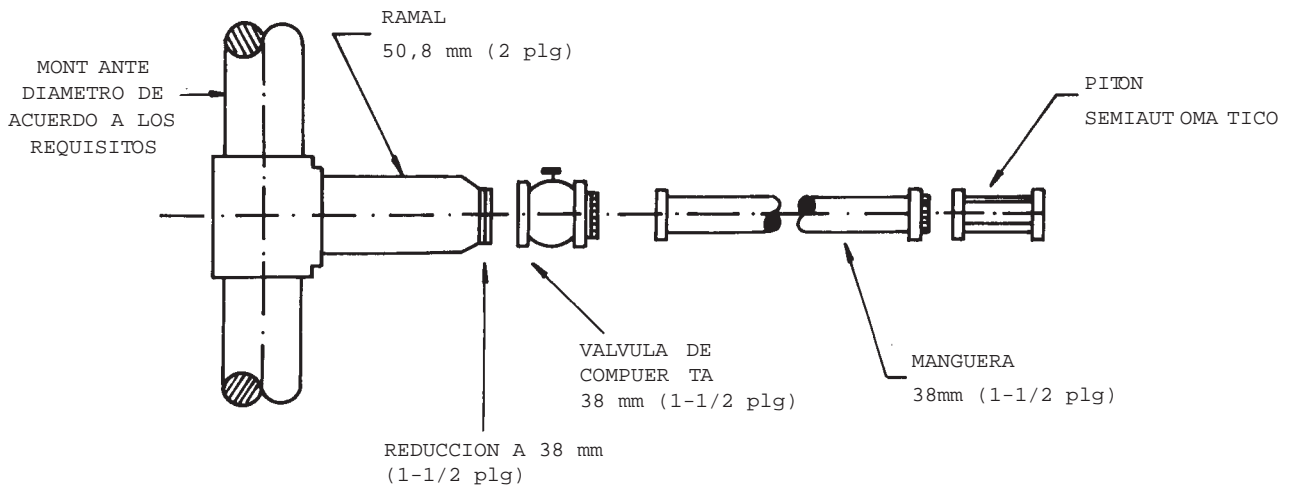
COMPORTAMIENTO TIPO DE UN SISTEMA TANKLESS



CAUDAL DE DEMANDA EN L/S / SEG.

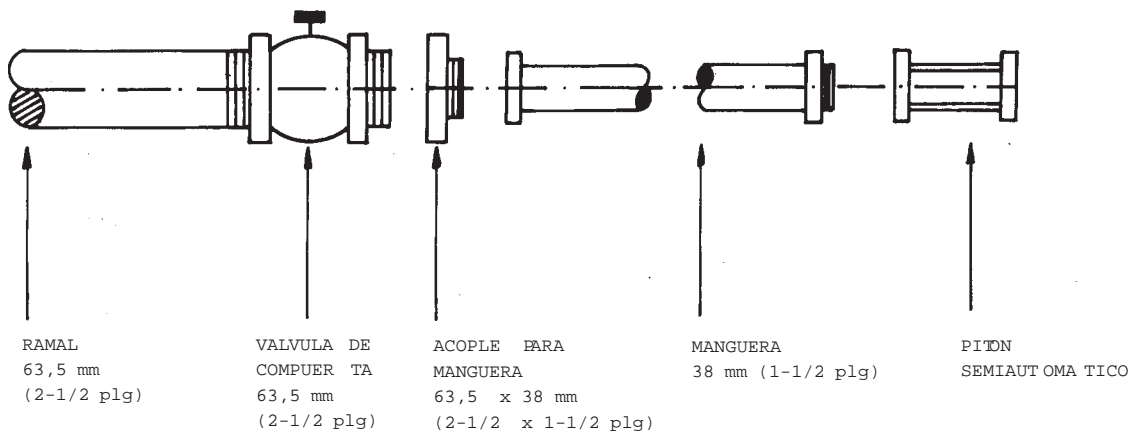
GRAFICA N... 2

RAMALES Y CONEXIONES PARA BOCAS DE AGUA



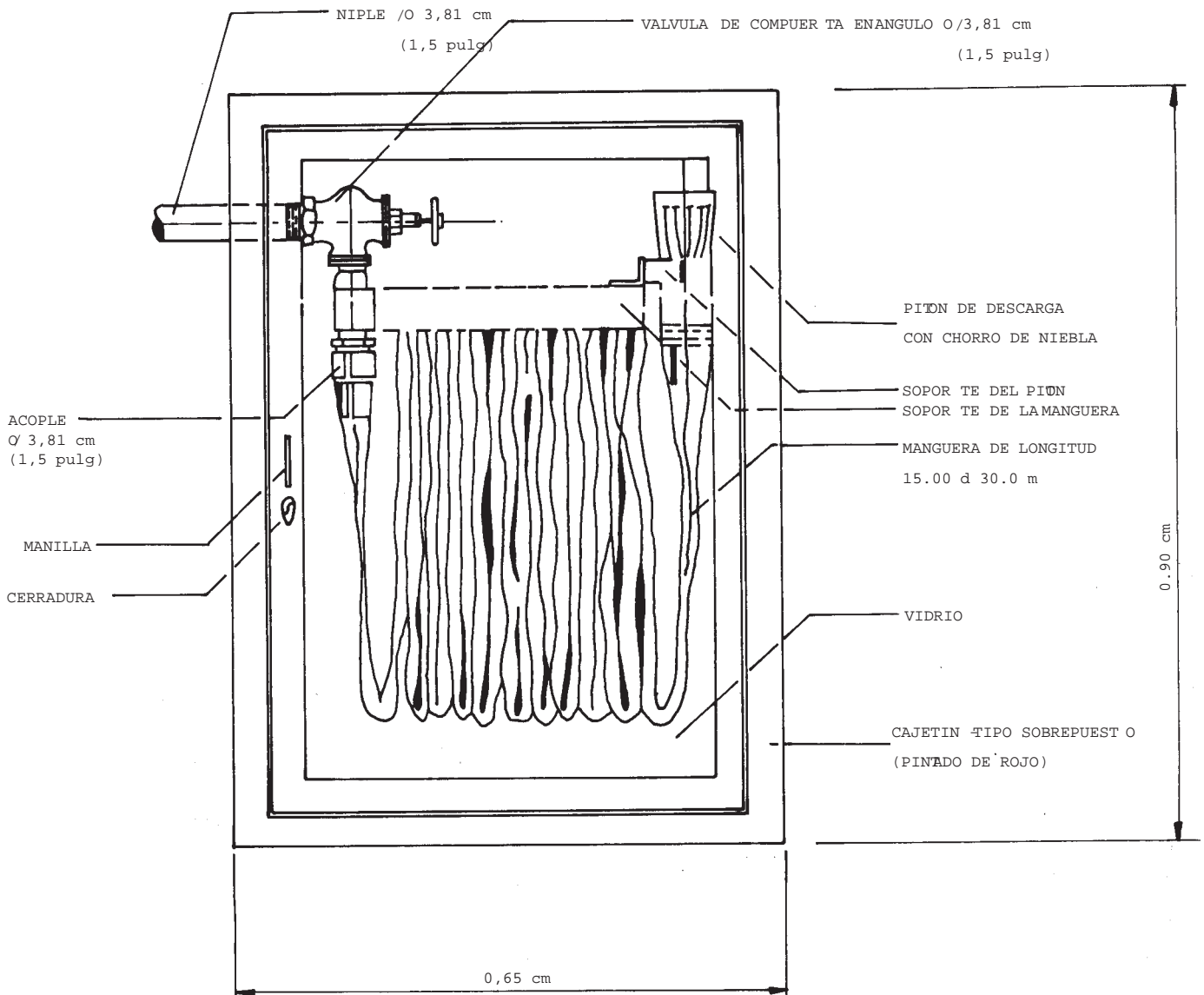
CLASE 1
CON BOMBA PROPIA (INTERIOR)

FIGURA N... 24



CLASE 2
CON BOMBA PROPIA (EXTERIOR)

FIGURA N... 25



ANCHO DEL CAJETIN = 0,15 cm

FIGURA N. 26 CLASE I
 GABINETE PARA SISTEMA FIJO DE EXTINCION CONGUA

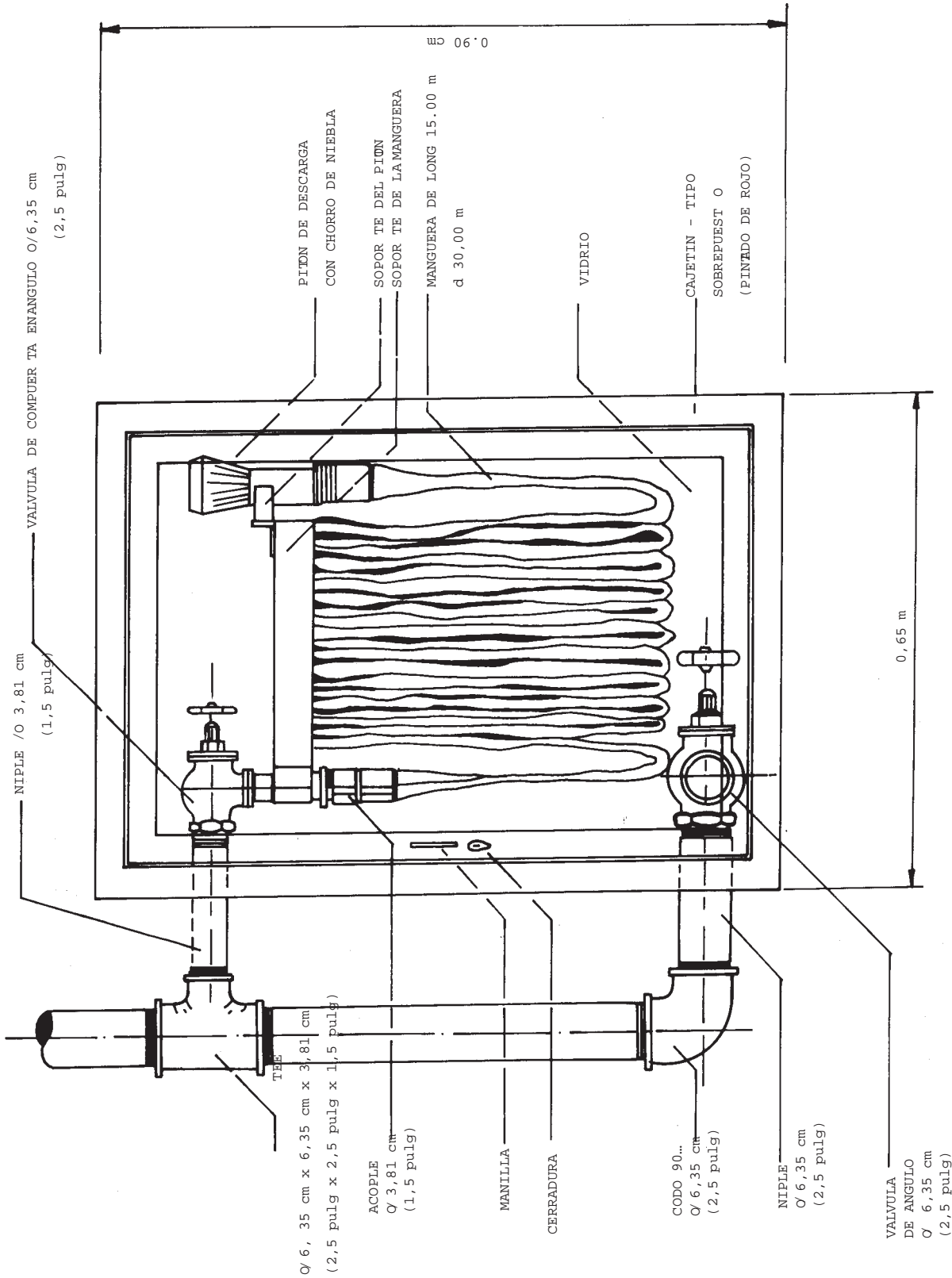
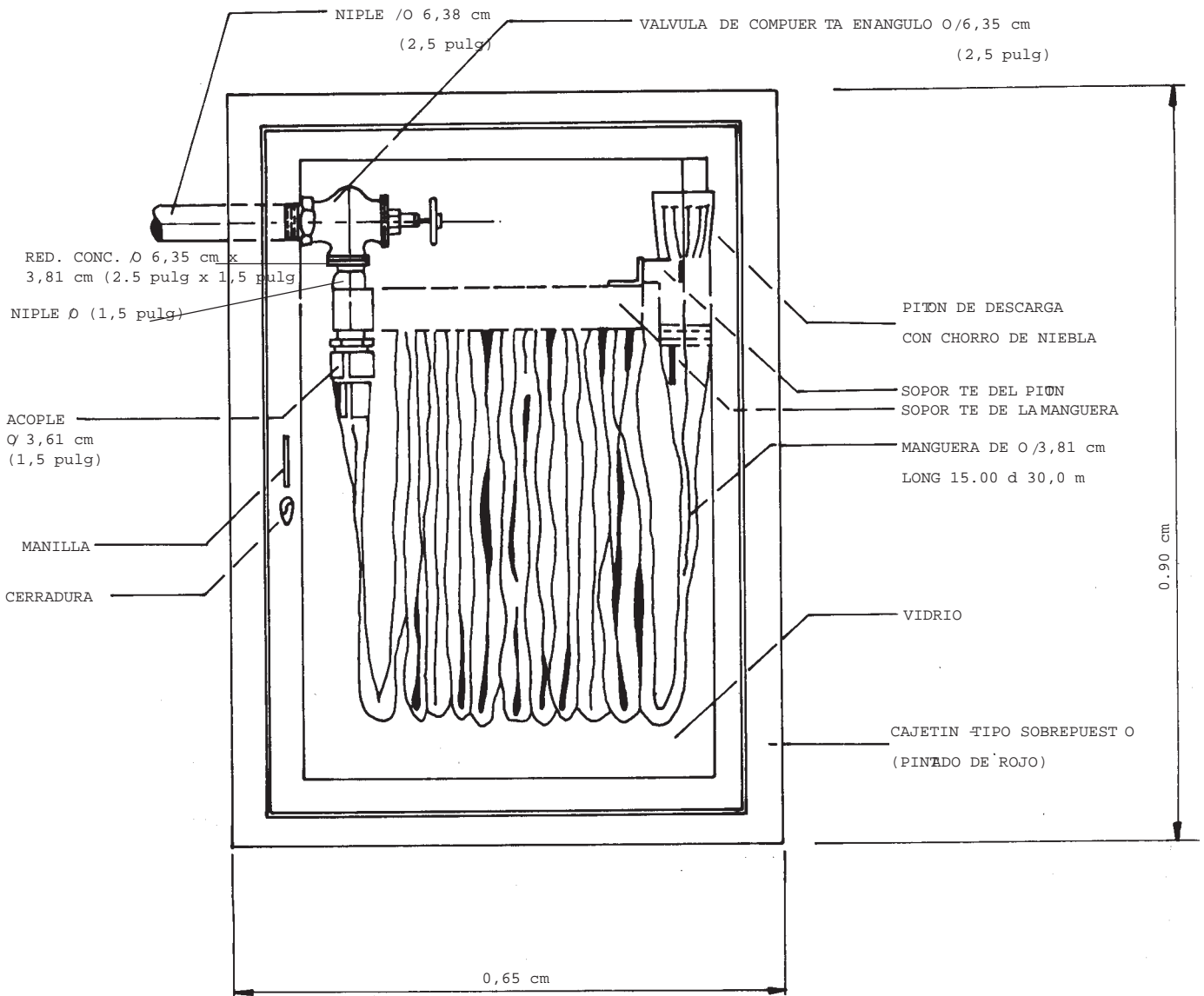


FIGURA N. 27 CLASE II. a



ANCHO DEL CAJETIN = 0,20 m

FIGURA N... 28 CLASE II . b

SISTEMA DE PRESION CONSTANTE CON TANQUE DE COMPENSACION

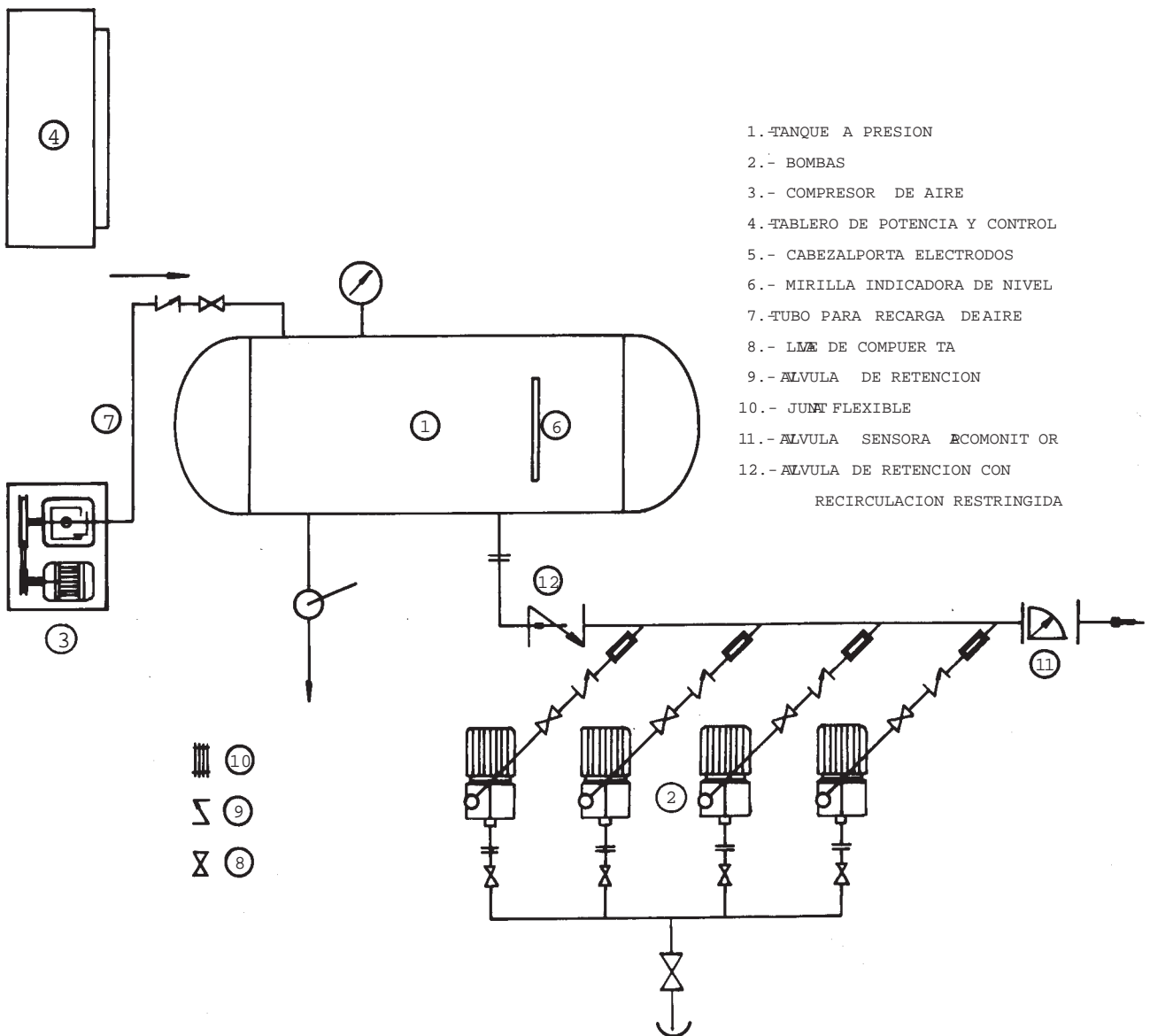


FIGURA # 22

PERDIDAS DE CARGA EN METROS POR 100 METROS DE TUBERÍA BASADOS EN LA FÓRMULA DE WILLIAMS & HAZEN.
 TUBERÍA SCH-40 (ASTM, A-120), COEFICIENTE DE FRICCIÓN: C=100 (VALOR DE DISEÑO)

Diámetro Nominal (Pulg.) Interno (mm)	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"		3"		4"		6"		J. de W. - 1995				
	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	J %	V m/s	Lts/seg	GPM			
5	3,49	0,43	0,89	0,24																		0,08	1,32		
10	12,60	0,85	3,20	0,48	0,99	0,30																0,17	2,64		
15	26,69	1,28	6,78	0,73	2,09	0,45	0,54	0,26														0,25	3,96		
20	45,47	1,70	11,96	0,97	3,57	0,60	0,91	0,34	0,44	0,25	0,28	0,23										0,33	5,28		
30	96,35	2,55	24,49	1,45	7,56	0,90	1,93	0,51	0,84	0,36	0,47	0,31	0,20	0,22								0,50	7,83		
40	164,15	3,40	41,72	1,94	12,87	1,20	3,29	0,68	1,60	0,51	0,72	0,38	0,30	0,27								0,67	10,6		
50	248,15	4,25	63,07	2,42	19,46	1,49	4,97	0,85	2,42	0,63	0,72	0,38	0,30	0,27								0,83	13,2		
60	347,83	5,10	88,40	2,91	27,28	1,79	6,97	1,02	3,39	0,76	1,00	0,46	0,42	0,32								1,00	15,9		
70			117,61	3,39	36,29	2,09	9,28	1,20	4,50	0,89	1,33	0,54	0,56	0,38	0,19	0,24						1,17	18,5		
80			150,61	3,88	46,47	2,39	11,88	1,37	5,77	1,02	1,71	0,62	0,72	0,43	0,25	0,28						1,33	21,1		
90			187,32	4,36	57,80	2,69	14,78	1,54	7,17	1,14	2,12	0,69	0,89	0,49	0,31	0,31						1,50	23,8		
100			227,68	4,84	70,25	2,99	17,96	1,71	8,72	1,27	2,58	0,77	1,09	0,54	0,38	0,35						1,67	26,4		
110			271,63	5,33	83,81	3,29	21,43	1,88	10,40	1,40	3,08	0,85	1,30	0,59	0,45	0,38						1,83	29,1		
120			319,13	5,81	98,46	3,59	25,17	2,05	12,22	1,52	3,62	0,92	1,52	0,65	0,53	0,42	0,14	0,24				2,00	31,7		
130					114,20	3,89	29,19	2,22	14,17	1,65	4,20	1,00	1,77	0,70	0,61	0,45	0,16	0,26				2,17	34,3		
140					131,00	4,18	33,49	2,39	16,26	1,78	4,81	1,08	2,03	0,76	0,70	0,49	0,19	0,28				2,33	37,0		
150					148,95	4,48	38,05	2,56	18,47	1,90	5,47	1,15	2,30	0,81	0,80	0,52	0,21	0,30				2,50	39,6		
160					167,75	4,78	42,89	2,73	20,82	2,03	6,16	1,23	2,59	0,86	0,90	0,56	0,24	0,32				2,67	42,3		
170					187,68	5,08	47,98	2,90	23,29	2,16	6,90	1,31	2,90	0,92	1,01	0,59	0,27	0,34				2,83	44,9		
180							53,34	3,07	25,89	2,28	7,67	1,39	3,23	0,97	1,12	0,63	0,30	0,37				3,00	47,6		
190							58,96	3,24	28,62	2,41	8,47	1,46	3,57	1,03	1,24	0,66	0,33	0,39	0,04	0,17		3,17	50,2		
200							64,83	3,41	31,47	2,54	9,32	1,54	3,92	1,08	1,36	0,70	0,36	0,41	0,05	0,18		3,33	52,8		
220							77,35	3,76	37,55	2,79	11,12	1,69	4,68	1,19	1,62	0,77	0,43	0,45	0,06	0,20		3,67	58,1		
240							90,87	4,10	44,11	3,05	13,06	1,85	5,50	1,29	1,91	0,84	0,51	0,49	0,07	0,21		4,00	63,4		
260							105,39	4,44	51,16	3,30	15,15	2,00	6,38	1,40	2,21	0,91	0,59	0,53	0,08	0,23		4,33	68,7		
280							120,90	4,78	58,69	3,55	17,38	2,16	7,31	1,51	2,54	0,98	0,68	0,57	0,09	0,25		4,67	74,0		
300							137,38	5,12	66,69	3,81	19,75	2,31	8,31	1,62	2,88	1,05	0,77	0,61	0,10	0,27		5,00	79,3		
320									75,16	4,08	22,25	2,46	9,36	1,73	3,25	1,12	0,87	0,65	0,12	0,29		5,33	84,5		
340									84,09	4,31	24,90	2,62	10,48	1,83	3,63	1,19	0,97	0,69	0,13	0,30		5,67	89,8		
360									93,48	4,57	27,68	2,77	11,65	1,94	4,04	1,26	1,08	0,73	0,15	0,32		6,00	95,1		
380									103,32	4,82	30,59	2,93	12,87	2,05	4,46	1,33	1,19	0,77	0,16	0,34		6,33	100		
400									113,62	5,08	33,64	3,08	14,16	2,16	4,91	1,40	1,31	0,81	0,18	0,36		6,67	106		
450			8"									41,84	3,46	17,61	2,43	6,10	1,57	1,63	0,91	0,22	0,40	7,50	113		
500			J %	V m/s								50,86	3,85	21,40	2,70	7,42	1,75	1,98	1,01	0,27	0,45	8,33	132		
550			0,08	0,28								60,68	4,23	25,53	2,97	8,85	1,92	2,36	1,12	0,32	0,49	9,17	145		
600			0,10	0,31								71,29	4,62	30,00	3,24	10,40	2,10	2,77	1,22	0,38	0,54	10,00	159		
650			0,11	0,34	10"							82,68	5,00	34,79	3,51	12,06	2,27	3,21	1,32	0,44	0,58	10,8	172		
700			0,13	0,36										39,91	3,78	13,84	2,44	3,69	1,42	0,50	0,63	11,7	185		
750			0,15	0,39	J %	V m/s								45,35	4,05	15,72	2,62	4,19	1,52	0,57	0,67	12,5	198		
800			0,17	0,41	0,06	0,26								51,11	4,32	17,72	2,79	4,72	1,62	0,64	0,72	13,3	211		
850			0,19	0,44	0,06	0,28	12"							57,18	4,59	19,82	2,97	5,28	1,72	0,72	0,76	14,2	225		
900			0,21	0,46	0,07	0,29	303							63,56	4,86	22,04	3,14	5,87	1,83	0,80	0,80	15,0	238		
950			0,23	0,49	0,08	0,31	J %	V m/s						70,26	5,13	24,36	3,32	6,49	1,93	0,88	0,85	15,8	251		
1000			0,25	0,52	0,08	0,33	0,04	0,23	14"						26,79	3,49	7,14	2,03	0,97	0,89	16,7	264			
1100			0,30	0,57	0,10	0,36	0,04	0,25	333						31,96	3,84	8,52	2,23	1,16	0,98	18,3	291			
1200			0,36	0,62	0,12	0,39	0,05	0,28	J %	V m/s	16"				37,55	4,19	10,01	2,44	1,38	1,07	20,0	317			
1300			0,41	0,67	0,14	0,43	0,06	0,30	0,04	0,25	381				43,55	4,54	11,61	2,64	1,58	1,16	21,7	343			
1500			0,54	0,77	0,18	0,49	0,08	0,35	0,05	0,29	J %	V m/s	18"								15,13	3,04	25,0	396	
1700			0,68	0,88	0,22	0,56	0,10	0,39	0,06	0,32	0,03	0,25	J %	V m/s	20"						19,07	3,45	29,3	449	
1900			0,84	0,98	0,28	0,62	0,12	0,44	0,07	0,36	0,04	0,28	0,02	0,22							23,44	3,86	31,8	507	
2100			1,01	1,08	0,33	0,69	0,14	0,48	0,09	0,40	0,05	0,31	0,03	0,24							28,21	4,26	38,3	555	
2300			1,19	1,19	0,39	0,75	0,17	0,53	0,11	0,44	0,06	0,34	0,03	0,27	478						33,39	4,67	45,4	608	
2500			1,39	1,29	0,46	0,82	0,20	0,58	0,12	0,48	0,07	0,37	0,04	0,29	J %	V m/s						38,96	5,07	52,9	670
2700			1,60	1,39	0,53	0,88	0,23	0,62	0,14	0,52	0,07	0,39	0,04	0,31	0,02	0,25						44,17	61,7	733	
2900			1,83	1,50	0,60	0,95	0,26	0,67	0,16	0,55	0,08	0,42	0,05	0,33	0,03	0,27						50,11	67,1	845	
3100			2,07	1,60	0,68	1,02	0,29	0,72	0,18	0,59	0,10	0,45	0,05	0,36	0,03	0,29	24"					56,17	72,5	919	
3300			2,32	1,70	0,77	1,08	0,33	0,76	0,21	0,63	0,11	0,48	0,06	0,38	0,04	0,31	5								

BIBLIOGRAFIA

- Alberto E. Olivares. Cálculo de Distribución de agua para edificios. Segunda edición. Tercera impresión. Caracas, 1.952.
- Alfred Douglass Flinn, Robert Spurr Weston, Clinton Lathrop Bogert. Water Works Handbook of design construction and operation. Editorial Mc.Graw - Hill Book Company, inc. Tercera edición. New York and London, 1.927.
- Colegio de Ingenieros de Venezuela. Curso para Instalaciones Sanitarias en edificios. Caracas 1.983.
- Colegio de Ingenieros de Venezuela. Curso de Bombas Hidráulicas. Caracas, 1.993.
- Crane, División de Ingenieros, Flujo de fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Editorial: McGraw Hill/Interamericana de México, S.A. México, 1990.
- Dos Ramos G. Roberto y Gómez G. Camilo. Cálculo de Sistemas Hidroneumáticos para Quintas. Caracas, 1.985.
- E. A. Brun, A. Martinot Lagarde y J. Marthieu. Mecánica de los Fluidos. Tomos 1 y 2. Editorial: Labor, S.A. España, 1.979.
- J.J. de Wekker. Apuntes de Hidráulica.
- Haroll. E. Babbitt, M. S. James J. Doland, B. S., C. E., Water Supply Engineering. Editorial McGraw Hill - Book Company, inc. Segunda Edición. New York and London, 1.931.
- H. W. King y E. F. Brater. Manual de Hidráulica. Editorial UTEHA. México, 1.962.
- Ministerio de Fomento Guía Instructiva sobre sistemas de detención, alarma y extinción de incendios. Covenin. Caracas, 1974
- Ministerio de Fomento. Norma Venezolana Covenin 1331-87. Extinción de Incendios en Edificaciones. Sistema Fijo de Extinción con Agua con Medio de Impulsión Propio. Editorial: Fondomara. Caracas, 1.987.

Paco Pumps. Booster System Selection Considerations and Pacoflo 9.000 Feature Description.
F9b.2 6/90 New.

Ronald V. Giles. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica Editorial McGraw - Hill de México. México, 1.980.

República de Venezuela. Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Despacho del Ministro N° G - 1.126, Ministerio de Desarrollo Urbano, Despacho del Ministro N° 480 Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.044 Extraordinaria . Imprenta Nacional y Gaceta Oficial. Caracas, 1988.

Sistemas Hidroneumáticos C.A. Manual para el Cálculo y Selección de Equipos de Bombeo.

Sulzer. Fundamentos de Hidráulica para Instalaciones con Bombas Centrífugas. N° s/27.00.4 Cfb 20.

INDICE GENERAL

CONTENIDO

INTRODUCCION 1

CAPITULO I

Determinación de los Caudales de Bombeo

1.1.- Determinación de la Demanda	2
1.2.- Importancia de la Determinación de la Demanda	2
1.3.- Consumo según el Propósito	2
1.4.- Método para Determinar el Consumo	2

CAPITULO II

Determinación de la Cargas

2.1.- Generalidades	6
2.2.- Fricción en Tuberías	9
2.3.- Presiones Residuales	12
2.4.- Carga o Altura Dinámica Total	12

CAPITULO III

Dimensionamiento de Sistemas de Bombeo de Aguas Blancas

3.1.- Sistema de Bombeo de Tanque a Tanque	18
3.2.- Sistema Hidroneumático de uso Doméstico	22
3.3.- Sistema Hidroneumático Industrial	22
3.4.- Sistema de Presión Constante	31
3.5.- Sistema de Bombeo Pacomonitor	34
3.6.- Sistema de Bombeo de Presión Constante con Tanque Compensador	40
3.7.- Sistema de Presión Constante tipo Tankless	44

CAPITULO IV

Dimensionamiento de Sistema de Bombeo para Servicio Contra Incendio

4.1.- Generalidades	49
4.2.- Sistema Fijo de Extinción con Agua por Medio de Impulso Propio	49
4.3.- Clasificación de los Sistemas	49
4.4.- Caudal Mínimo del Medio de Impulsión	50
4.5.- Almacenamiento de Agua	51
4.6.- Determinación de Pérdidas, Presión Mínima Requerida y Diámetro de las Tuberías de Succión y Descarga de la Bomba	51

CAPITULO V

Dimensionamiento de los Sistemas de Evacuación de Agua

5.1.- Generalidades	52
---------------------	----

5.2.- Sistemas de Evacuación de Aguas Servidas	52
5.3.- Determinación del Caudal Afluente y Altura Dinámica total.	52
5.4.- Dimensionamiento del Pozo de Recolección ó Húmedo	55
5.5.- Potencia de las Bombas y Motores	56
5.6.- Sistema de Evacuación de Aguas de Lluvia	56
BIBLIOGRAFIA	58
ANEXO A	61
ANEXO B	73
ANEXO C	83
ANEXO D	87
ANEXO E	91
ANEXO F	95
ANEXO G	103
ANEXO H	107

SISTEMAS HIDRONEUMATICOS C.A. DEDICA ESTA PUBLICACION A TODOS LOS PROFESIONALES, DOCENTES Y ESTUDIANTES DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA, QUE EN EL DESARROLLO DE SUS ACTIVIDADES REQUIERAN DE UNA METODOLOGIA DE CALCULO DE SISTEMAS DE BOMBEO PARA EDIFICACIONES.

ESPERAMOS QUE ESTE COMPENDIO SEA UNA HERRAMIENTA UTIL Y DE FACIL MANEJO EN EL DESENVOLVIMIENTO DE SUS LABORES.

25 años a su servicio

