

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO DE
AGUA POTABLE CONFIABLE DE 5,75 L/S**

PARA CENTROS EDUCATIVOS

INFORME DE INGENIERÍA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO

WILLIAM MOISÉS SUASNABAR CÓRDOVA

PROMOCIÓN 1997-01

LIMA-PERÚ

2014

ÍNDICE

PROLÓGO.....	1
CAPÍTULO I	
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.2 Objetivo.....	4
1.3 Justificación.....	4
1.4 Alcances.....	4
CAPÍTULO II	
2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1 Bombas.....	5
2.1.1 Bombas centrífugas.....	5
2.1.2. Bombas de velocidad variable y presión constante.....	7
2.1.3 Bombas auxiliares.....	15
2.2 Confiabilidad.....	16
2.2.1 Generalidades.....	16
2.2.2 Sistemas de bombeo confiables.....	16
2.3 Tuberías.....	16
2.3.1 Pérdidas en tuberías.....	16
2.3.2 Pérdidas en accesorios.....	16
2.3.3 Presión de suministro.....	17
2.3.4 Altura dinámica total.....	18
2.3.5 Potencia de la bomba.....	19
2.3.6 NSPH.....	19

2.4	Método de cálculo.....	21
2.4.1	Red de agua de consumo humano	21
2.4.1.1	Justificación de la aplicación del método.....	21
2.4.1.2	Descripción del método.....	22
2.4.2	Red de agua para riego.....	23
2.4.3	Bombas de sumidero.....	23
CAPÍTULO III		
3	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	25
3.1	Función del sistema de bombeo.....	25
3.2	Caracterización del Problema.....	25
3.2.1	Condiciones geográficas y ambientales.....	25
3.2.2	Características del agua.....	26
3.2.3	Características del suministro de agua.....	26
3.3	Planteamiento del problema.....	27
CAPÍTULO IV		
4.	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS.....	28
4.1.	Consideraciones de diseño.....	28
4.1.1	Normas técnicas.....	28
4.1.2	Materiales.....	28
4.1.3	Régimen de operación.....	28
4.2	Características generales de la instalación.....	28
4.2.1	Cisternas.....	30
4.2.2	Planta de bombeo.....	32
4.2.3	Suministro de agua para consumo humano.....	32
4.2.4	Suministro para riego de jardines.....	32
4.2.5	Electrobomba de sumidero.....	32

4.3	Red de agua para consumo humano.....	34
4.3.1	Cálculo del caudal y selección de tuberías por el método de Hunter.....	34
4.3.1.1	Unidades de gasto de equipos.....	34
4.3.1.2	Unidades de gasto de centros de consumo.....	34
4.3.1.3	Establecimiento de la ruta crítica.....	46
4.3.1.4	Unidades de gasto de la ruta crítica.....	49
4.3.1.5	Diámetros de tubería y caudal total.....	52
4.3.2	Cálculo de la altura dinámica total.....	53
4.3.3	Selección de la Bomba.....	58
4.3.4	Selección del motor eléctrico.....	60
4.4	Red de agua para riego.....	61
4.4.1	Calculo del caudal y selección de tubería.....	61
4.4.1.1	Caudales de la ruta crítica de la red de riego.....	62
4.4.1.2	Diámetros de la tubería y caudal total.....	62
4.4.2	Cálculo de la altura dinámica total.....	63
4.4.3	Potencia de la Bomba.....	64
4.4.4	Selección de la bomba.....	64
4.4.5	Selección del motor eléctrico.....	65
4.5	Electrobomba de sumidero.....	65
4.5.1	Cálculo del caudal.....	66
4.5.2	Cálculo de la altura dinámica total.....	66
4.5.3	Potencia de la Bomba.....	68
4.5.4	Selección de la bomba.....	69
4.5.5	Selección del motor eléctrico.....	69

4.6	Dimensiones de la cisterna.....	70
4.6.1	Demanda de agua total.....	70
4.6.2	Dotación de agua.....	70
4.6.3	Volumen de agua requerido.....	71
4.6.4	Dimensiones de la cisterna y volumen total.....	71
4.7	NSPH.....	72
4.7.1	NSPH disponible.....	73
4.7.2	NSPH requerido	75
4.8	Operación del sistema de bombeo.....	75
4.8.1	Operación de las bombas.....	75
4.8.2	Sistemas de control de operación de electrobombas.....	78
CAPÍTULO V		
5	COSTOS.....	80
5.1	Costos de diseño ingeniera del sistema.....	80
5.2	Costos de equipos.....	80
5.3	Costos de instalación.....	81
5.3	Costo total.....	82
CONCLUSIONES.....		83
RECOMENDACIONES.....		85
BIBLIOGRAFÍA.....		86

PLANOS

APÉNDICE

PRÓLOGO

El propósito del presente informe de ingeniería es elaborar el diseño de un sistema de bombeo de agua potable de 5,75 L/s para el suministro de agua potable a un centro educativo destinada para consumo humano y agua para riego.

En el Capítulo 1 se presentan los antecedentes que son la necesidad del centro educativo de tener un suministro permanente de agua potable, y se justifica debido a que se debe de garantizar la operación de los servicios higiénicos y de comedor para 900 alumnos.

En el Capítulo 2 se presentan los fundamentos teóricos de la operación de bombas de velocidad variable y altura constante analizando los principios de operación de la bomba a velocidad variable, el cálculo de tuberías y el NSPH.

En el capítulo 3 se identifica el problema teniendo en cuenta las características de la instalación.

En el Capítulo 4 se efectúan todos los cálculos de ingeniería, determinando el caudal para consumo humano por el método de Hunter, luego se seleccionan los diámetros de las tuberías y se calculan la altura dinámica total utilizando la ecuación de Darcy-Weisbach luego se selecciona la bomba y su motor eléctrico de accionamiento.

Se determinan las condiciones de operación de la bomba calculando las nuevas velocidades de operación de la bomba y la del rango de frecuencias entre las que debe operar el regulador de velocidad de la bomba. Se selecciona las tuberías, las electrobombas y el control de velocidad de las bombas de la red de agua de consumo humano.

En el capítulo 5 se determina el costo total del proyecto, considerando los costos de ingeniería, adquisición de los equipos y sus costos de instalación.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 **Antecedentes**

En el presente informe se diseña el sistema de bombeo de agua potable de un colegio diseñado para una capacidad máxima de 1050 alumnos con un área total de 5 000 m² y tres pabellones de tres pisos con 35 alumnos/aulas pero que por razones de política institucional se consideran una capacidad real máxima de 30 alumnos por aula con un total de 900 alumnos.

El colegio cuenta con áreas de: patios canchas, laboratorio, áreas administrativas, 500 m² de jardines y SS. HH. para alumnos, personal docente, administrativo y de apoyo

El año 2013 la Ley 30021 fomenta la implementación de comedores escolares de comida saludable en los centros educativos de educación básica regular, por lo que en este colegio se tienen cocina y comedor para alumnos, personal docente y administrativo.

Como la falta de agua significaría una gran molestia para los alumnos, por falta de SS. HH sumada a la carencia de alimentos, especialmente en los más pequeños, se requiere un sistema de suministro de agua de alta confiabilidad.

1.2 **Objetivo**

Diseñar un sistema de bombeo de suministro de agua potable de una capacidad de 5,75 l/s que opere con alta confiabilidad en un centro educativo de 900 alumnos.

1.3 **Justificación**

- **Confiabilidad del suministro**

Se requiere garantizar el suministro de agua a los S.S. H.H. y la cocina que dan servicios a los alumnos, profesores personal administrativo y de apoyo que tienen actividades desde las 07:45 h hasta las 18:00 h

- **Calidad del suministro**

Se requiere que cada punto de suministro de agua tenga permanentemente una presión de agua no menor de 10 m de altura de columna de agua.

- **Uso racional del agua**

Los SSHH tienen una grifería temporizada que reduce el consumo de agua, respecto a una grifería normal, pero requiere tener la red de tubería presurizada.

1.4 **Alcances**

Comprende el diseño del sistema de bombeo de suministro de 5.75 l/s de agua potable considerando las bombas y sus accesorios.

CAPITULO 2

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Bombas

2.1.1 Bombas centrífugas

Bomba que aprovecha el movimiento de rotación de una rueda con paletas (rodete) instalada en el interior del cuerpo de la bomba.

El rodete, alcanzando alta velocidad, proyecta hacia afuera el agua anteriormente aspirada gracias a la fuerza centrífuga que desarrolla, encanalando el líquido en el cuerpo fijo y luego en el tubo de envío.

El comportamiento de una bomba centrífuga se representa por el diagrama conchoide llamado también diagrama topográfico que es un gráfico H vs Q en el cual se representan la eficiencia de la bomba en puntos definidos por la altura H , el caudal Q y una velocidad de giro n de la bomba. Este diagrama se obtiene haciendo funcionar la bomba diferentes velocidades constantes.

Además de la eficiencia también se determina la potencia al freno y el NSPH de la bomba.

Los fabricantes de bombas presentan los datos de un modelo de bomba en un gráfico llamado curva característica de la bomba. En este gráfico se consigna el código del modelo de la bomba, el diámetro del rodete y otros datos que el fabricante considere relevantes.

Una curva característica típica de una bomba centrífuga se muestra en la figura 2.1.

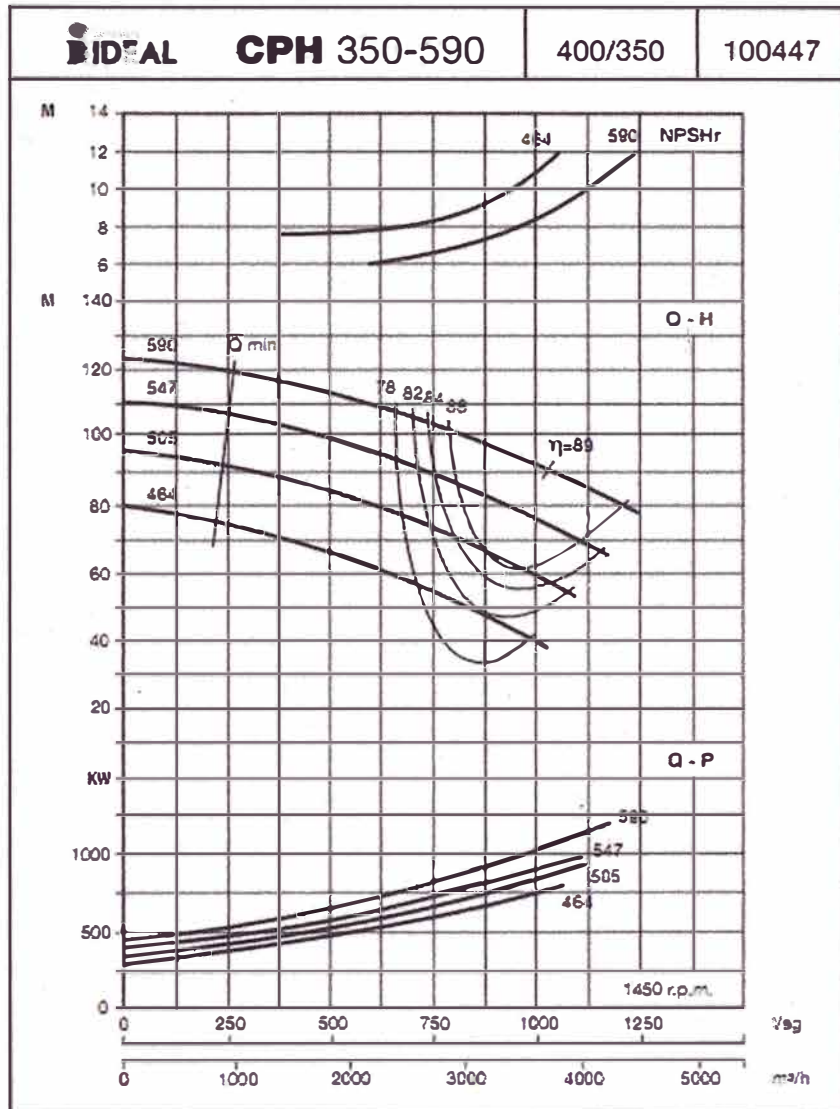


Fig. 2.1 Curvas características de una bomba centrífuga

Fuente: BOMBAS IDEAL Catálogo 02 Serie CP-CPH-CPR

Generalmente las bombas son accionadas por motores eléctricos asíncronos que giran a una velocidad constante que depende del número de polos del motor y de la frecuencia de la red eléctrica local.

Comercialmente son comunes los motores de dos, cuatro y seis polos y como en nuestro país la frecuencia de la red es de 60 Hz los motores de dos polos giran a 3 450 rpm, los de cuatro polos giran a 1 750 rpm y los de seis polos giran a 1 150 rpm.

Entonces por razones prácticas las curvas de operación de las bombas se representan para una velocidad constante que corresponde a una de las velocidades asíncronas. Como el costo de los motores aumenta con el número de polos es común el uso de motores de dos o cuatro polos.

El dimensionamiento y selección de bombas se realiza considerando la altura de bombeo y el caudal requerido por la instalación.

En una instalación el caudal de agua bombeado se relaciona directamente con la altura de bombeo por medio de la curva de la instalación.

El caudal suministrado por la bomba y la altura de presión se relacionan por medio de las curvas de funcionamiento cada una de las cuales se obtiene para una bomba que funciona a velocidad constante.

El punto de operación de la bomba se define como el punto de intersección de la curva de la instalación con la curva de operación de la bomba.

2.1.2. Bombas de velocidad variable y presión constante

Generalidades

El funcionamiento de bombas con velocidad variable se obtiene adicionando al motor eléctrico un control de velocidad

En estas condiciones se obtienen varias curvas de operación de la bomba, en cada una de ellas la bomba opera a velocidad constante. La

familia de curvas de operación de la bomba a varias velocidades de giro se muestra en la Fig. 2.2

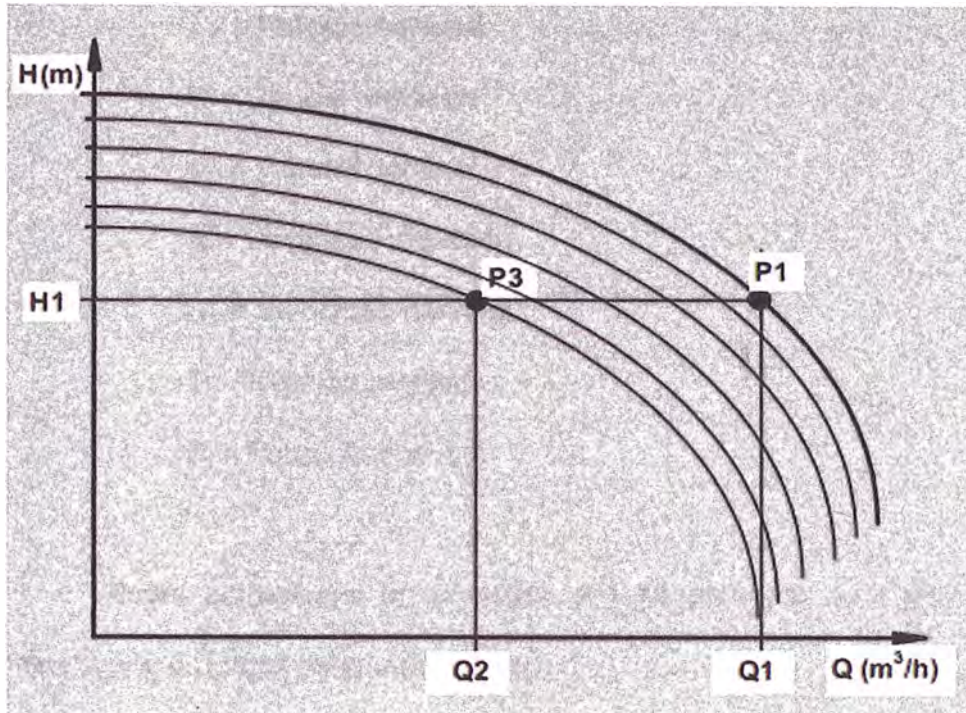


Fig. 2.2 Curvas de operación de una bomba a diferentes rpm.

Fuente: Grundfos. Sistemas de impulsión. Normativa Eup.

Cálculo del caudal y de la velocidad de giro

Para determinar los caudales, las velocidades de giro y las frecuencias de operación se utilizan las leyes de semejanza de bombas con respecto a la velocidad.

Estas leyes se expresan mediante las ecuaciones:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1} \quad (2.1)$$

$$\frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2 \quad (2.2)$$

$$\frac{P_e}{P_{e1}} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3 \quad (2.3)$$

donde:

H = Presión regulada

H_1 = Presión nominal

Q = Caudal regulado

Q_1 = Caudal nominal

n = Velocidad regulada

n_1 = Velocidad nominal

P = Potencia regulada

P_1 = Potencia nominal

Estas ecuaciones se cumplen simultáneamente solo para puntos homólogos o puntos de igual eficiencia.

Estos puntos se expresan por la relación

$$H = K_n \cdot Q^2 \quad (2.4)$$

En la fig. 3.4 se representa la curva de puntos homólogos $H = f(Q)$ en los que la eficiencia es constante

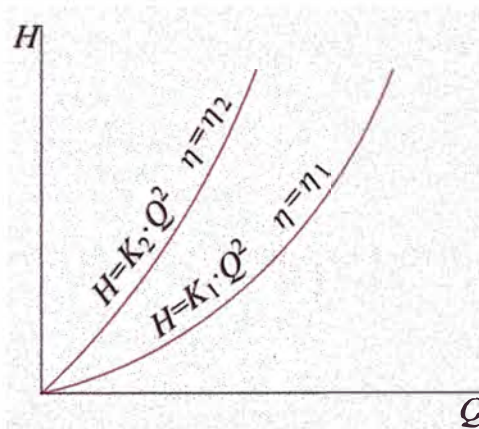


Fig. 2.3 Curvas de puntos homólogos de una bomba

Fuente: Bombas Hidráulicas. Agüera Soriano. 2011.

Si se quiere que una bomba opere con una altura constante H_o , en el diagrama H-Q de la bomba se selecciona un punto H_1, Q_1 de la curva de velocidad nominal n_1 . De la expresión 2.2 se obtiene:

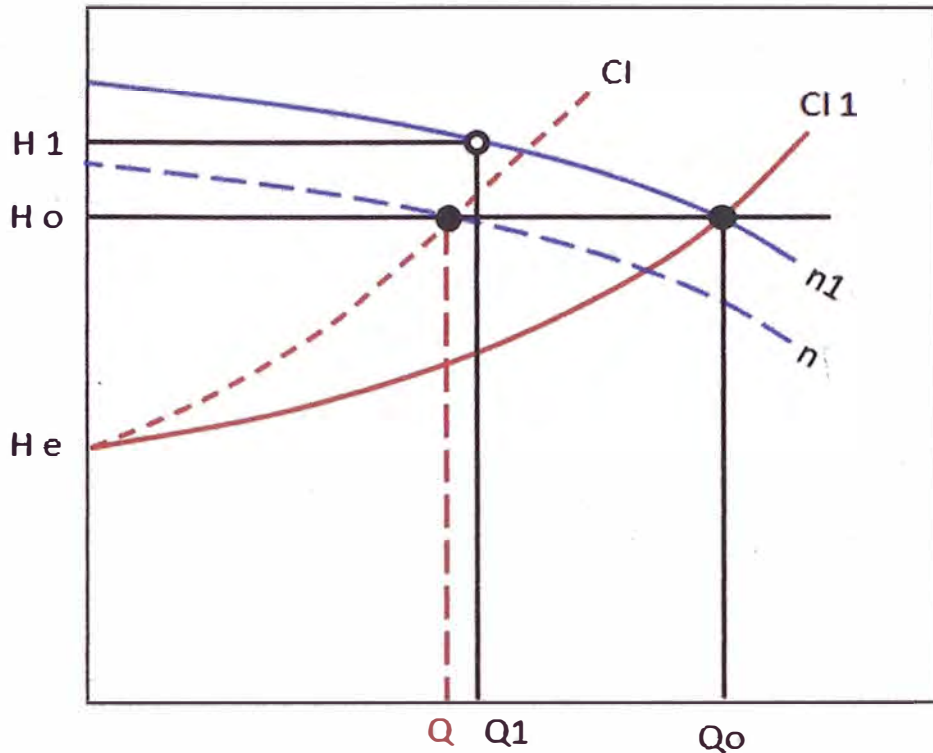


Fig. 2.4 Puntos de operación de una bomba de velocidad variable

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico de la expresión 2.2 y la Fig. 2.4 se obtiene:

$$\frac{n}{n_1} = \sqrt{\frac{H_o}{H_1}} \quad (2.5)$$

Reemplazando en la expresión 2.1 se tiene el nuevo caudal:

$$Q = Q_1 \cdot \frac{n}{n_1} \quad (2.6)$$

Estos caudales se representan en el diagrama de la bomba como se muestra en la Fig.2.5.

Con la relación de velocidad:

$$rel = \frac{n}{n_1} \quad (2.7)$$

Y la velocidad n_1 se obtiene la nueva velocidad de giro de la bomba

$$n = rel \cdot n_1 \quad (2.8)$$

Cabe señalar que el punto H_1, Q_1 y el punto H_0 y Q se ubican en puntos homólogos.

Aplicando este procedimiento la operación de una bomba de velocidad variable se presenta en un diagrama como el que se muestra en la Fig. 2.5.

Para una misma bomba, las relaciones entre la altura, el caudal y la velocidad de giro dependen de la altura de referencia H_0 y como esta altura depende de las aplicaciones particulares se debe desarrollar un gráfico para cada caso.

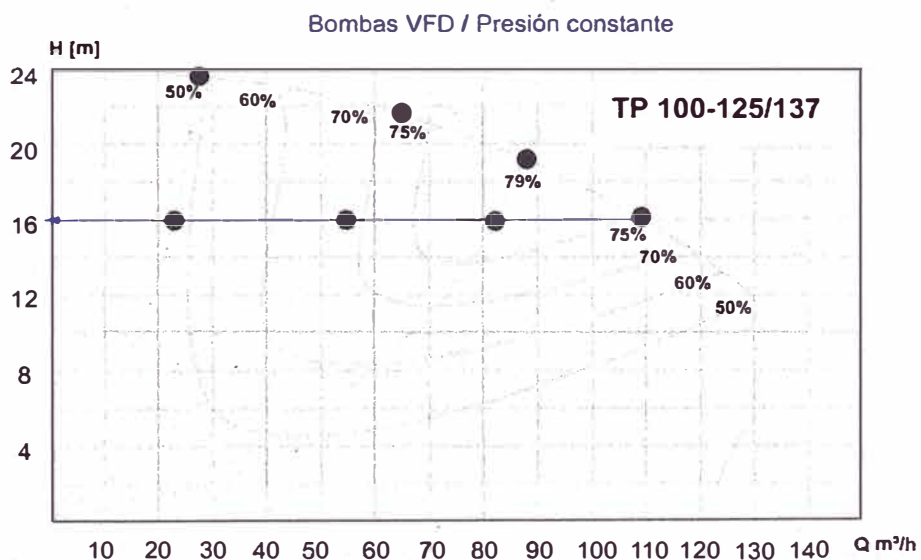


Fig. 2.5 Representación de la operación de la bomba de velocidad variable en el diagrama topográfico

Fuente: Grundfos. Sistemas de impulsión. Normativa Eup

Cálculo de la frecuencia del motor de accionamiento

Conocida la velocidad de giro de la bomba, la frecuencia de operación del motor eléctrico de accionamiento se obtiene con la relación entre la velocidad de giro del motor y la frecuencia de la red eléctrica:

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (2.9)$$

f = Frecuencia de la red, Hz

p = número de pares de polos del motor eléctrico

Reordenando la expresión 2.9 se obtienen la frecuencia del motor eléctrico requerido para que la bomba pueda elevar el caudal Q a la altura de operación constante H_0 con la bomba operando a la velocidad n :

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad (2.10)$$

Variador de velocidad

El variador de velocidad es un dispositivo electrónico que tiene como función lograr que un motor eléctrico asíncrono pueda operar a varias velocidades dentro de un rango de operación

Un esquema de la disposición de los componentes de un variador de velocidad de motor eléctrico asíncrono se muestra en la Fig. 2.6

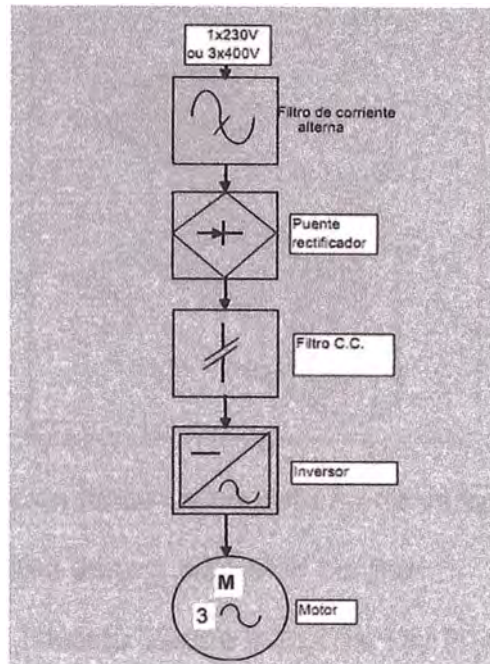


Fig. 2.6 Esquema de variador de frecuencia de motor eléctrico asíncrono

Fuente: Grundfos. Sistemas de impulsión. Normativa Eup

Para cubrir una demanda generalmente se utilizan varias bombas operando en paralelo.

En la Fig. 2.5 se observa que la curva de operación de la bomba es una recta que corta las curvas de igual eficiencia, y que esta eficiencia se reduce conforme se reduce el caudal de operación.

Para evitar que la eficiencia de operación sea muy baja el caudal total se fracciona en dos o más partes, utilizando igual número de bombas de manera que cada una funcione con eficiencias razonables, considerándose como referencia valores cercanos al 50 %.

La instalación típica de un sistema de variación de velocidad y un banco de bombas con un control escalonado similar al utilizado en la planta se muestra en la Fig. 2.7.

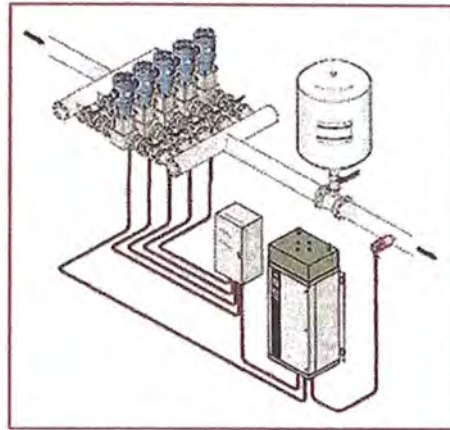


Fig. 2.7 Instalación típica de un sistema de variación y control de velocidad de una planta de bombeo

Fuente: Revista Electro Industria. Dic 2013. Sistema de control de bombas. Carlos Abrigó. Danfoss de Electromática Ltd.

Operación de la bomba

En la Fig. 2.8 se muestra en detalle la operación de una bomba de presión constante y velocidad variable.

Si el motor funciona con una frecuencia de 50 Hz y la bomba gira a n_1 rpm la curva característica H-Q de velocidad constante corresponde a la curva de 50 Hz. Si el caudal es Q_1 entonces la altura de bombeo es H en el punto 1 de esta curva.

Si el caudal se reduce a Q_2 y no se modifica la frecuencia del motor el punto de operación se desplaza sobre la curva característica H-Q de 50 Hz hasta el punto 2, a una altura H_2 mayor a la altura H deseada.

Para recuperar la altura de bombeo H se debe variar la frecuencia del motor reduciéndola hasta obtener la velocidad n_2 rpm de modo que la nueva curva característica H-Q cruce la intersección de H y Q_2 en el punto 2' de la curva que en este caso corresponde a 40 Hz.

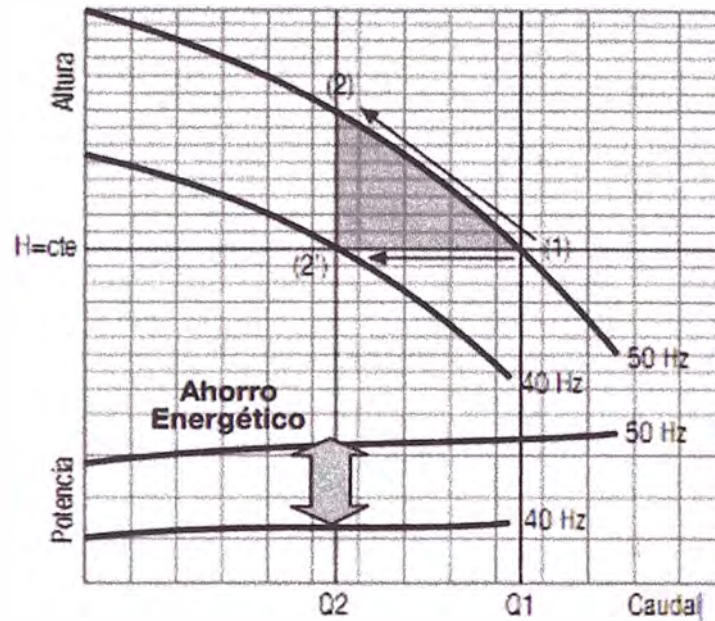


Fig. 2.8 Curva H vs Q de una bomba con control de velocidad

Fuente: IDEAL. Datos Técnicos. Bombas

De la misma manera se pueden obtener las frecuencias necesarias para bombear cualquier caudal manteniendo constante la altura H.

A manera de comparación se muestra la misma variación pero realizando la reducción de caudal de Q1 a Q2 con la bomba operando a la frecuencia de 50 HZ. En este caso la reducción de la altura H del punto 2 a la altura H constante se realiza produciendo pérdidas de altura mediante el estrangulamiento del flujo, es decir con pérdidas de energía.

2.1.3 Bombas auxiliares

El agua que pueda derramarse en el cuarto de bombas, que se encuentra en un sótano, cae en un sumidero. Para evacuar esta agua desde el sumidero hasta el nivel del primer piso se utilizan dos bombas de sumidero.

2.2 Confiabilidad

2.2.1 Generalidades

Confiabilidad es la certeza que un equipo o sistema funcionara correctamente cuando se le necesite.

2.2.2 Sistemas de bombeo confiables

Son aquellos en donde el sistema de bombas y su régimen de operación garantizan una operación con un alto porcentaje de tiempo de operación correcta.

2.3 Tuberías

Los diámetros de las tuberías se determinan siguiendo las recomendaciones del Método de Hunter.

El diámetro de la tubería se selecciona preliminarmente en función del gasto que circula por el interior de la tubería, como se muestra en la Tabla 2.1 del Apéndice A.

Seleccionado el diámetro se verifica que la velocidad sea menor que la velocidad máxima señalada en la Tabla 2.2 del Apéndice A.

2.3.1 Pérdidas en tuberías

Las pérdidas en las tuberías se determinan con la ecuación de Darcy con el procedimiento que se muestra en el anexo C.

2.3.2 Pérdidas en accesorios

Los accesorios como válvulas, codos, Te, reducciones, y canastillas de succión producen una pérdidas de altura.

Estas pérdidas se pueden determinar mediante Tablas o gráficamente en el Diagrama de Crane de la figura 2.9.

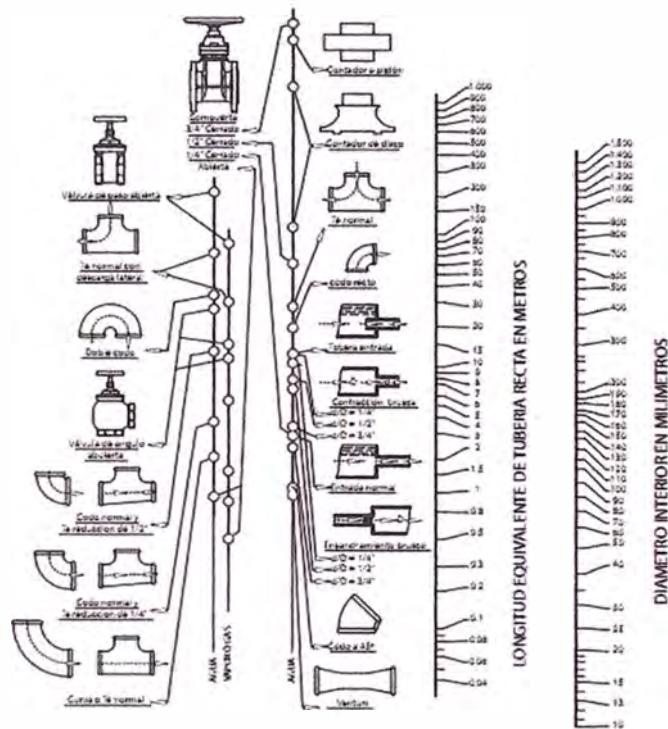


Fig. 2.9 Diagrama de Crane para determinar las pérdidas en accesorios.

Fuente: Bombas, su selección y aplicación. Hicks Tyler nG. 1970

2.3.3 Presión de suministro

La presión de suministro es la requerida en el punto de ingreso a un componente de la red de suministro.

En este caso se utiliza grifería temporizada, llamada también tipo fluxómetro, que para funcionar correctamente requiere una presión mayor que la grifería convencional.

La grifería convencional generalmente opera con una presión mínima equivalente a una columna de agua de 2 m mientras que la grifería temporizada requiere de una presión mayor.

La presión depende del tipo de grifería, y para equipos comerciales son comunes los siguientes valores:

Para inodoros	:	7 a 70 m de columna de agua (10 a 100 psi)
Para grifos	:	10 a 30 m de columna de agua. (2 2,25 bar, máximo 3 bar)

Se seleccionan equipos que tengan la menor presión de operación posible porque un equipo a mayor presión de operación suministra mayor cantidad de agua y como se requiere una mayor presión de salida se incrementa la HDT, con lo que se tiene un mayor consumo de energía.

Para ahorrar agua y energía se seleccionan equipos de grifería temporizada de modelos comerciales que operen con una columna de agua de 10 m.

2.3.4 Altura dinámica total

Es la presión total de agua que deben suministrar las bombas y se obtiene con la expresión:

$$HDT = Dz + Hl + Heq - Hz \quad (2.11)$$

HDT = Altura dinámica total

Dz = Altura estática

hl = Pérdidas en las tuberías y accesorios.

Heq = Altura de suministro

H_z = Altura de succión

2.3.5 Potencia de la bomba

La potencia de las bombas se puede determinar con la expresión siguiente:

$$P_b = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot HDT}{1000 \cdot \eta} \quad (2.12)$$

P_b = Potencia de la bomba, kW

ρ = Densidad, kg/m³

Q = Caudal del suministro, m³/h

HDT = Altura dinámica total, m

η = Eficiencia de la bomba

Potencia del motor eléctrico

Para seleccionar el motor eléctrico se considera un factor de aumento de potencia, que varía según la potencia de la bomba, como se indica en la tabla 2.3 del anexo A.:

Entonces la potencia del motor eléctrico debe ser:

$$P_m = F_c \cdot P_b \quad (2.13)$$

2.3.6 NSPH

La altura neta positiva de aspiración es la diferencia entre la presión del líquido a la altura del eje impulsor y la tensión de vapor a la temperatura del líquido.

- **NSPH disponible**

Depende de las características de la instalación y es independiente del tipo de bomba y se expresa como:

$$NSPH_{disponible} = P_a \pm P_s - P_f - P_v \quad (2.14)$$

P_a = Presión atmosférica

P_s = Presión de succión

P_f = Pérdidas por fricción en la tubería

P_v = Presión de vapor

La presión de succión se considera positiva si el eje de la bomba está bajo el nivel de la superficie de Agua de succión y negativa cuando está debajo de este eje.

Para bombas de agua, el NSPH disponible generalmente se expresa en metros de columna de agua.

$$NSPH_{disponible} = \frac{10 P_a}{\gamma} \pm H_s - H_f - \frac{10 P_v}{\gamma} \quad (2.15)$$

- **NSPH requerido**

Depende del tipo y características de la bomba por lo que generalmente es suministrado por el fabricante de la bomba, pero se puede expresar como:

$$NSPH_{requerido} = H_z + \frac{V_a^2}{2g} \quad (2.16)$$

H_z = Presión mínima necesaria en la zona anterior a los álabes del impulsor de la bomba

V_a = Velocidad de entrada del líquido en la boca del impulsor.

El segundo término representa la energía cinética en la boca del impulsor.

- Se debe cumplir que:

$$NSPH_{disponible} > NSPH_{requerida} \quad (2.17)$$

2.4 Método de cálculo

2.4.1 Red de agua de consumo humano

Para el caso de edificios o instalaciones donde existen muchos aparatos sanitarios instalados pero que no funcionan simultáneamente, como es el caso de edificios públicos, para dimensionar las tuberías, se puede determinar el caudal más probable por el método de Hunter.

Una vez determinado el caudal se seleccionan los diámetros de las tuberías y el número y tipo de accesorio. Se calculan las pérdidas de presión en las tuberías, con cualquiera de los métodos comúnmente utilizados para esos cálculos.

2.4.1.1 Justificación de la aplicación del método

Este método, que determina el caudal máximo probable que circula por la red, se basa en que los aparatos instalados no funcionan simultáneamente.

Como las instalaciones a diseñar serán de un colegio se determina la validez de la hipótesis que los aparatos instalados no tiene muy pocas probabilidades de funcionar simultáneamente. Para reducir el consumo de agua se utiliza grifería temporizada por lo que las llaves de los lavaderos funcionan entre 7 y 10 segundos.

La demanda de agua más significativa es la de los SH de los alumnos que se presenta en las horas de recreo y con referencia al uso de estos equipos se puede señalar que por su característica de operación de cortos periodos de tiempo es poco probable que todos estén abiertos simultáneamente debido a que mientras unos se pueden estar abriendo otros se estarán cerrando.

De los SH de los alumnos, los equipos de mayor consumo son los inodoros los que por su forma de utilización es poco probable que en todos ellos se accione el dispositivo de paso de agua simultáneamente.

De otro lado, la capacidad máxima de alumnos del colegio es de 1050 alumnos para los cuales con una relación equipo/alumno más desfavorable, es de 30 inodoros/alumna se requiere como máximo 35 inodoros, mientras que en los SH se tienen instalados 48 inodoros instalados lo cual representa un exceso de 40 % de equipos instalados.

Como existe un sobredimensionamiento en la oferta de servicios, es poco probable que se saturen con frecuencia los SH al punto de operar todos juntos y si eso ocurriera por efectos de la simultaneidad los equipos es aplicable el método de Hunter.

2.4.1.2 Descripción del método.

El método de Hunter se puede resumir con los siguientes partes:

- Se elabora un dibujo isométrico de la instalación
- Se ubica el punto más alejado porque es el más desfavorable debido a que se presenta la presión mínima.
- Se establece la ruta crítica entre las bombas y el punto más desfavorable.
- Se determinan las Unidades de Gasto (Unidades de Hunter) de la ruta crítica sumando estas de arriba abajo.
- Se determina el gasto más probable de cada tramo.
- Se seleccionan los diámetros de los tramos de la tubería.
- Se calcula la pérdida de carga de la tubería.

2.4.2 Red de agua para riego

La red de agua para riego tiene dos características que se deberán tener en cuenta para el diseño.

- Para regar se abren los grifos y suministran un caudal permanente durante todo el periodo de riego. Como no están sometidos a la variabilidad del suministro de los grifos de la red de consumo humano, no se requiere utilizar el método de Hunter para determinar el caudal más probable. En este caso el caudal por las tuberías se obtiene directamente sumando los caudales de los grifos abiertos.
- En la red se tiene uno o dos grifos por jardín. Por esto se considera que el caudal de diseño se presenta cuando se están regando todos los jardines con todos los grifos de la red.

El diseño continúa seleccionando los diámetros de las tuberías, calculando la altura dinámica total y la selección de la bomba con el procedimiento expuesto anteriormente.

2.4.3 Bombas de sumidero

La sala de bombas se ubica en un sótano adyacente a las cisternas, de modo que el piso terminado de la sala de bombas se ubica a 2,70 m bajo el espejo de agua de la cisterna.

El rebose de la cisterna descarga a una canaleta ubicada en el piso de la sala de bombas la que descarga en un sumidero de 1 m³ cuyo fondo se ubica a 1,80m bajo el nivel de piso terminado de sala de bombas.

Caudal

Se recomienda que las bombas de sumidero tengan una capacidad de al menos 1,2 veces el caudal que bombea la planta.

En este caso la planta está bajo la acción los reboses de dos cisternas, por lo que se toma como capacidad de diseño de las bombas el doble del caudal que bombea la planta.

Cada bomba de sumidero debe tener una capacidad de 5,8 L/s entonces:

Altura de bombeo

Se establece que la altura de la presión de agua en la salida debe ser igual a 5 m de columna de agua.

Como en el caso anterior, el diseño continua seleccionando los diámetros de las tuberías, calculando la altura dinámica total y la selección de la bomba.

CAPÍTULO 3

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Función del sistema de bombeo

La función del sistema de bombeo es suministrar agua potable para dos propósitos:

Para consumo humano, que se distribuye entre los servicios de cocina, y S.H. del centro educativo que se distribuyen en un edificio de tres niveles. Por razones prácticas en este sistema también se considera el suministro de agua para el laboratorio de ciencias.

Para riego de los jardines del colegio ubicados en el primer piso.

Las bombas se encuentran ubicadas en un sótano.

3.2 Caracterización del Problema

3.2.1 Condiciones geográficas y ambientales

El centro educativo tiene:

- Condiciones geográfica

País	Perú
Ciudad	Callao
Distrito	Bellavista
Altura	7 msnm

- Condiciones ambientales

Temperatura: 18° C

Humedad 94 %

3.2.2 Características del agua

El agua de bombeo es agua potable de las características siguientes:

PH 6,5 a 8,5

Nivel de dureza de 117,6 a 343 mg de carbonato de calcio por litro

Consumo humano Apto

3.2.3 Características del suministro de agua

El suministro de agua debe ser permanente durante las 24 h con la demanda más importante entre las 07:00 h y las 18:00h.

Cabe señalar que la demanda máxima de agua para consumo humano se presentará entre las 10:00 h y las 13:30 h, en que funcionan simultáneamente los S.H. de alumnos y el servicio de cocina.

La máxima demanda para riego puede presentarse a cualquier hora del día o inclusive de la noche, pero esta no afecta el funcionamiento de las bombas de agua de consumo humano debido a que es un sistema separado.

Se debe garantizar el suministro de agua de los servicios higiénicos y cocina porque son servicios imprescindibles para el alumnado tanto por razones sanitarias, alimentación así como por imagen institucional.

Por este motivo se deberá adoptar sistema de suministro de agua que sea confiable.

3.3 Planteamiento del problema

El problema consiste en diseñar un sistema de suministro de agua para un centro educativo que cuenta con un edificio de tres pisos con capacidad de 900 alumnos, considerándose dos suministro de agua potable, uno para consumo humano y uno para riego

El suministro para consumo humano debe alimentar los SS. HH. el servicio de cocina y el Laboratorio de ciencias. Para ahorrar agua y energía en los SS. HH. se debe utilizar grifería temporizada.

Para que el suministro de agua sea confiable el problema se plantea como el diseño de un sistema de bombeo conformado por un banco de tres bombas centrífugas instaladas en paralelo operando con velocidad variable y altura constante, cada una con capacidad para cubrir el 50 % de la demanda, de modo que si la demanda es menor al 50 % opera una bomba, con dos de reserva, si la demanda aumenta arranca una segunda bomba para cubrir el 50% restante de la demanda, quedando la tercera bomba como reserva para reemplazar a una que eventualmente pueda fallar. Para que las bombas tengan un desgaste uniforme ellas deberán operar con turnos rotativos de 8 horas con arranques y paradas automáticas. Dado que la principal demanda de agua es la de los SS HH. y estos tienen una demanda aleatoria, se plantea determinar al caudal de agua requerido utilizando el Método de Hunter.

La demanda de agua para riego no es un servicio crítico por lo que se instala un sistema de bombeo convencional.

CAPÍTULO 4 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

4.1. Consideraciones de diseño

4.1.1 Normas técnicas

Las instalaciones sanitarias se diseñan teniendo en cuenta la Norma Peruana IS 010

Las tuberías cumplen con las especificaciones de las normas ASTM.

Los accesorios de acero cumplen con las normas ASTM y DIN

4.1.2 Materiales

Las tuberías deben ser de PVC y de acero Galvanizado

Las bombas deben ser aptas para operar con agua para consumo humano, con caracas de acero y rodete de bronce.

4.1.3 Régimen de operación

Se requiere contar con un suministro de agua durante las 24 h del día para lo cual se tendrán tres bombas instaladas en paralelo con un funcionamiento alternativos.

4.2 Características generales de la instalación

El centro educativo tiene un área total de 5 000 m² y un área construida de 1 900 m² distribuidas en edificios de tres niveles.

El suministro de agua tiene como función suministrar agua para:

- S:H. para alumnos de los niveles educativos de inicial, primaria y secundaria.
- S.H. para personal administrativo y personal de apoyo
- Servicio cocina
- Servicio de Laboratorio de ciencias.
- Riego de jardines.

Los S.H para alumnos se ubican distribuidos en los tres niveles en los siguientes grupos.

En un primer grupo se tiene:

Primer piso	:	S.H. Inicial
Segundo piso	:	S.H. Primaria
Tercer piso	:	S.H. Secundaria

En el segundo grupo

Primer piso	:	Servicios administrativos
-------------	---	---------------------------

En el tercer grupo

Primer piso	:	Cocina
Segundo piso	:	Laboratorio de ciencias

En el Cuarto grupo

Primer piso	:	S.H. Primaria
Segundo piso	:	S.H. Secundaria
Tercer piso	:	S.H. Secundaria

En el Quinto grupo

Primer piso	:	Jardines
-------------	---	----------

Para el suministro de agua se establecen dos redes de tuberías:

- Red de agua para consumo humano
- Red de agua para riego

Componentes

El sistema está conformado por:

- Cisterna
- Planta de bombeo
- Red de agua para consumo humano
- Red de agua para riego.

La distribución de los componentes del sistema se presenta en la Fig. 4.1.

4.2.1 Cisternas

La cisterna de almacenamiento de agua se ubica cerca al punto de ingreso del suministro de la red pública que se encuentra en la zona del ingreso principal al centro educativo.

Para no interferir con edificaciones del centro educativo la cisterna se ubica bajo el nivel de piso terminado con el fondo ubicado a 2.40 m bajo el NPT del primer piso.

Las dimensiones y características de la cisterna se determinan para suministrar el volumen de agua requerido por un día de utilización

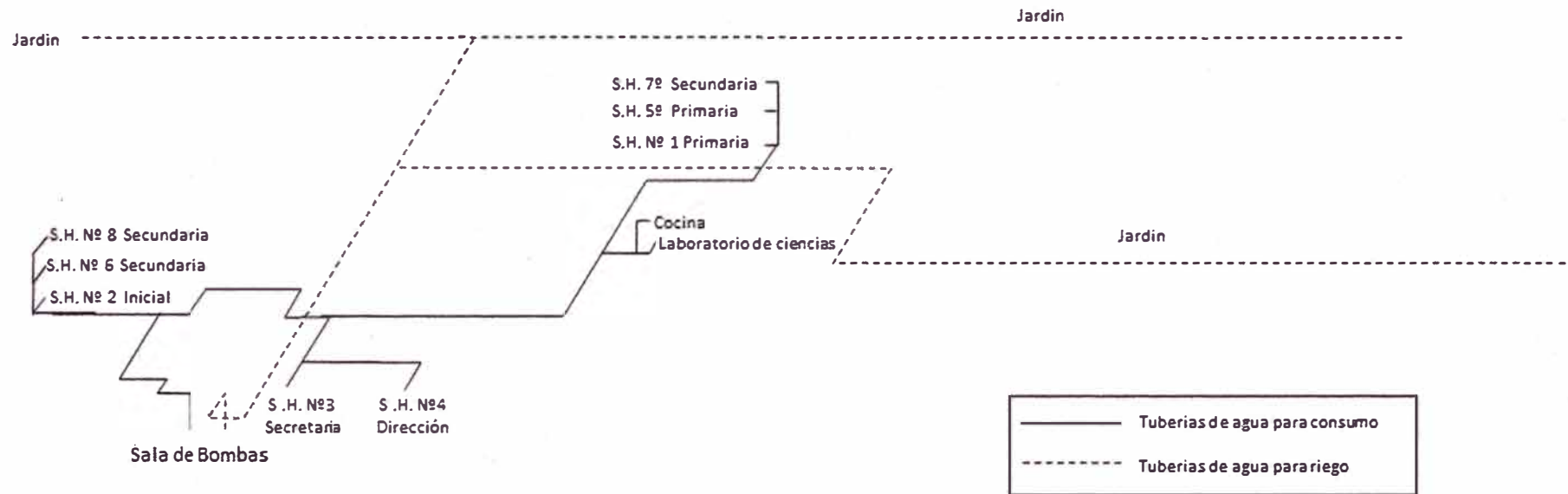


Fig. 4.1 Sistema de suministro de agua del Centro Educativo. Redes para consumo humano y riego

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Planta de bombeo

La planta de bombeo se ubica adyacente a la cisterna, de modo que el piso de la planta este a la misma profundidad del piso de la cisterna, por lo que las bombas trabajan con una presión de succión positiva excepto en la etapa final de vaciado de la cisterna cuando la presión de succión negativa es de 0,20 m.

4.2.3 Suministro de agua para consumo humano

La red de suministro de agua para consumo humano parte de la sala de bombas y suministra agua para ocho servicios higiénicos, la cocina y el laboratorio de ciencias. En la Fig.4.2 se muestra una vista isométrica de esta red.

4.2.4 Suministro de agua para riego de jardines

El centro educativo tiene cuatro jardines con un total de 500 m² que recibe el agua de riego de una red de tuberías exclusiva para este fin.

Esta red tiene 5 grifos de suministro de agua.

4.2.5 Electrobomba de sumidero

Debido a que la sala de bombas se encuentra en un sótano se requiere tener un sistema de bombeo que pueda evacuar el agua que se derrame en el piso de la sala de bombas.

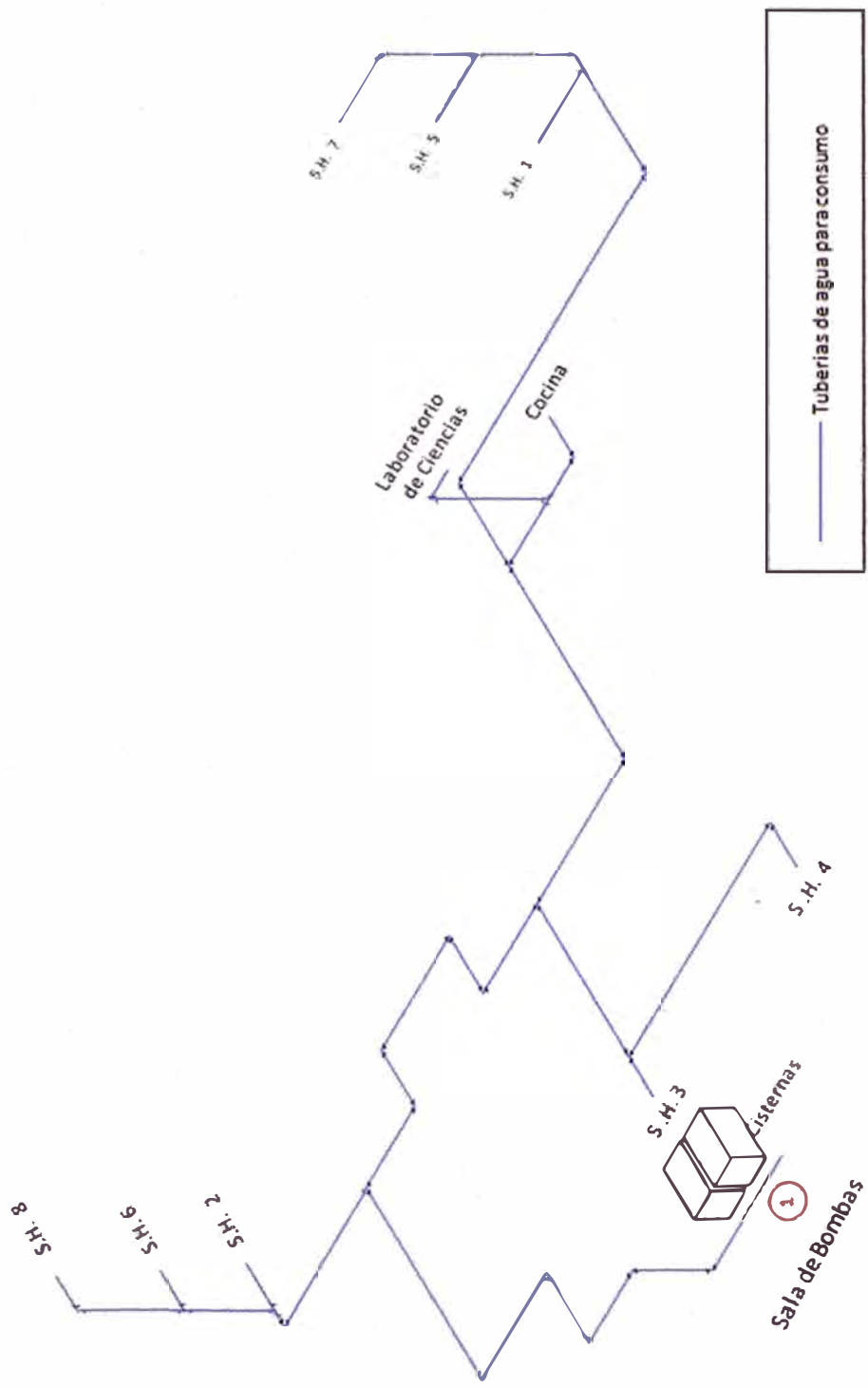


Fig. 4.2 Sistema de suministro de agua para consumo de humano

Fuente: Elaboración propia

4.3 Red de agua para consumo humano

Los centros de consumo de agua son de tres tipos:

- Servicios higiénicos
- Cocina
- Laboratorio de ciencias.

Se seleccionan equipos de bajo consumo de agua que en este caso son equipos temporizados.

4.3.1 Cálculo del caudal y selección de tuberías por el método de Hunter

4.3.1.1 Unidades de gasto de equipos

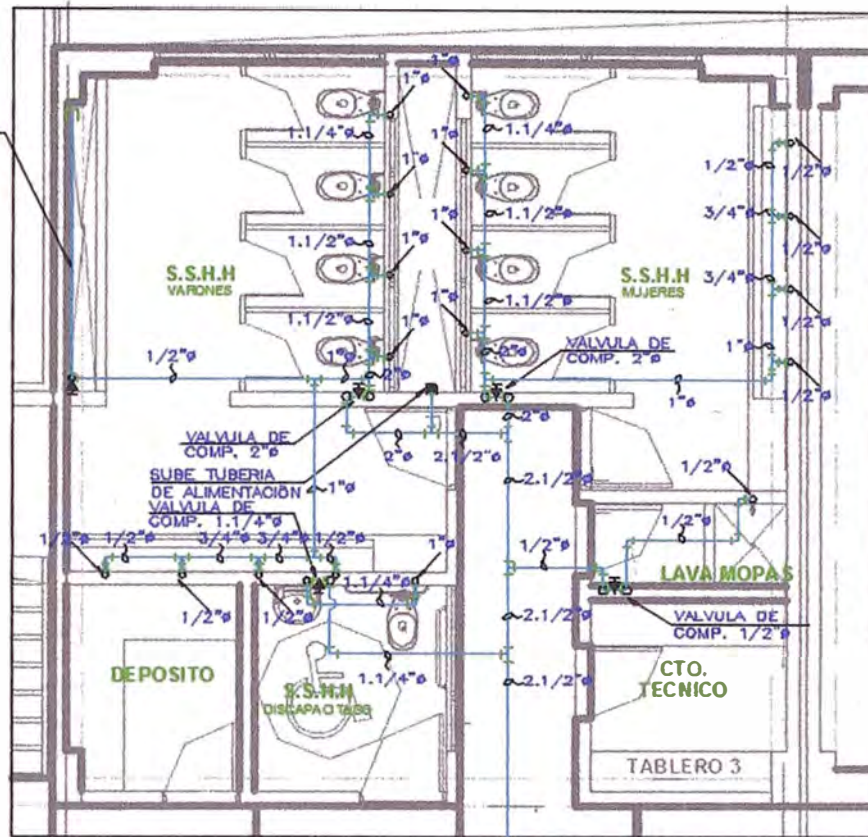
Estos equipos tienen los consumos en unidades de gasto considerados en la Norma IS 10 que se muestran en la Tabla. 4.18 del Apéndice A.

4.3.1.2 Unidades de gasto de centros de consumo

La distribución de equipos en cada centro de consumo y su consumo en unidades de gasto se muestran en las figuras 4.3 a 4.12 siguientes.

a 2D]

TUB. 1/2" ADOSADO A MURO H=1.20 S.N.P.T CON PERFORACIONES 1/8" C/O.10cm. HACIENDO ANGULO 45° HACIA LA PARED



**S.H. N°1- PRIMER PISO
AGUA FRIA**

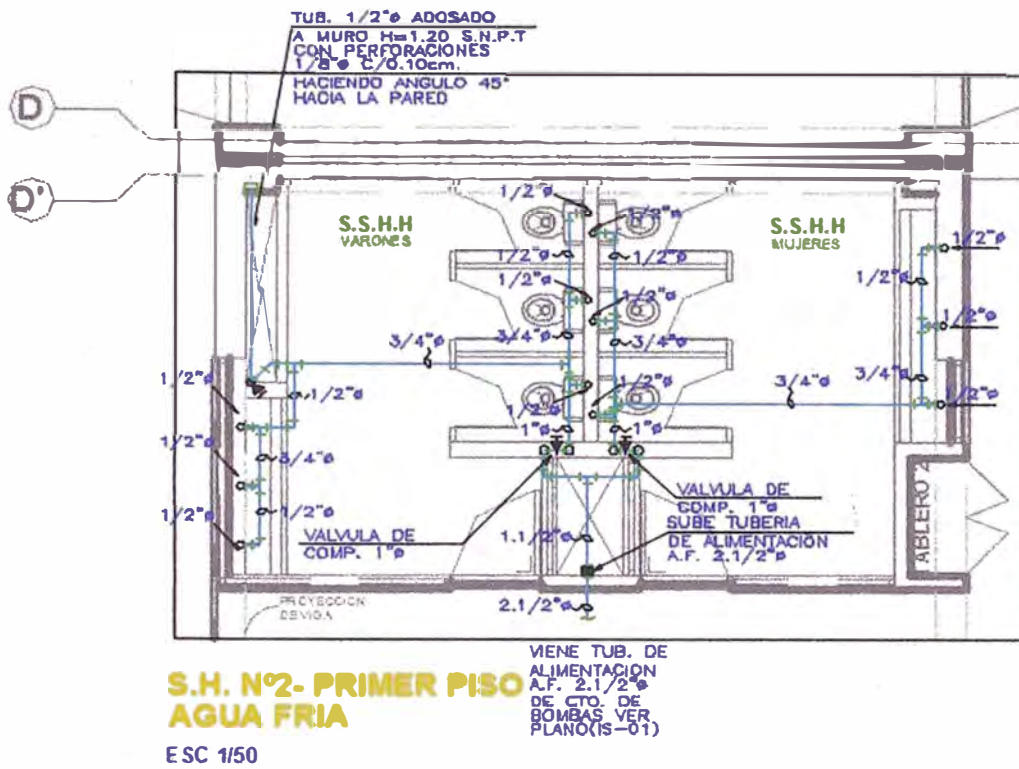
VIENE TUB. DE ALIMENTACION A.F. 2.1/2" DE CTO. DE BOMBAS VER PLANO(S-01)

S H N°1 Primer piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	9	4	36
Lavatorios	9	2	18
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	1	12	12
Lava mopas	1	3	3
Ducha	0	4	0
TOTAL			69

Fig. 4.3 Tuberías y equipos del SH 1 Primer piso.

Fuente: Elaboración propia.

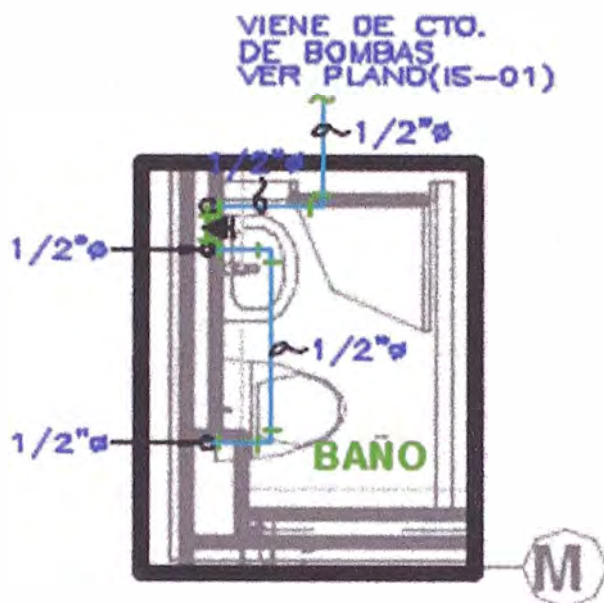


SH N°2 Primer piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	6	4	24
Lavatorios	6	2	12
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	1	9	9
Lava mopas	0	3	0
Ducha	0	4	0
TOTAL			45

Fig. 4.4 Tuberías y equipos del SH 2 Primer piso

Fuente: Elaboración propia.



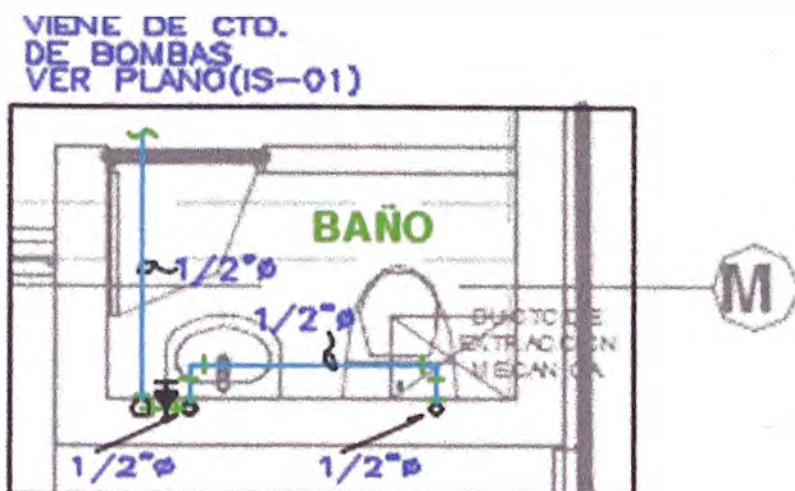
S.H. N°3- PRIMER PISO AGUA FRIA ESC 1/50

S H N°3 Primer piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	1	4	4
Lavatorios	1	2	2
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	0	12	0
Lava mopas	0	3	0
	0	4	0
TOTAL			6

Fig. 4.5 Tuberías y equipos del SH 3 Primer piso

Fuente: Elaboración propia.



S.H. N°4- PRIMER PISO AGUA FRIA

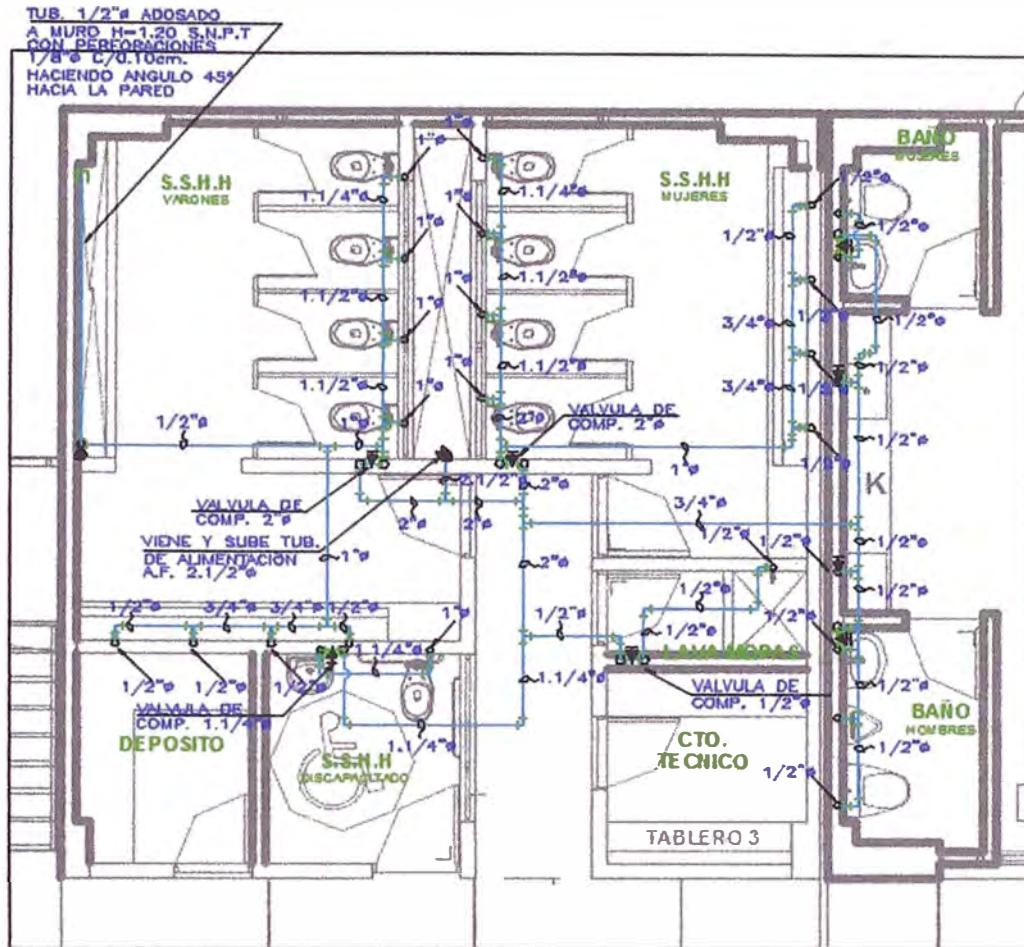
ESC 1/50

S H N°4 Primer piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	1	4	4
Lavatorios	1	2	2
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	0	12	0
Lava mopas	0	3	0
Ducha	0	4	0
TOTAL			6

Fig. 4.6 Tuberías y equipos del SH 4 Primer piso

Fuente: Elaboración propia.



**S.H. N°6- SEGUNDO PISO
AGUA FRIA**

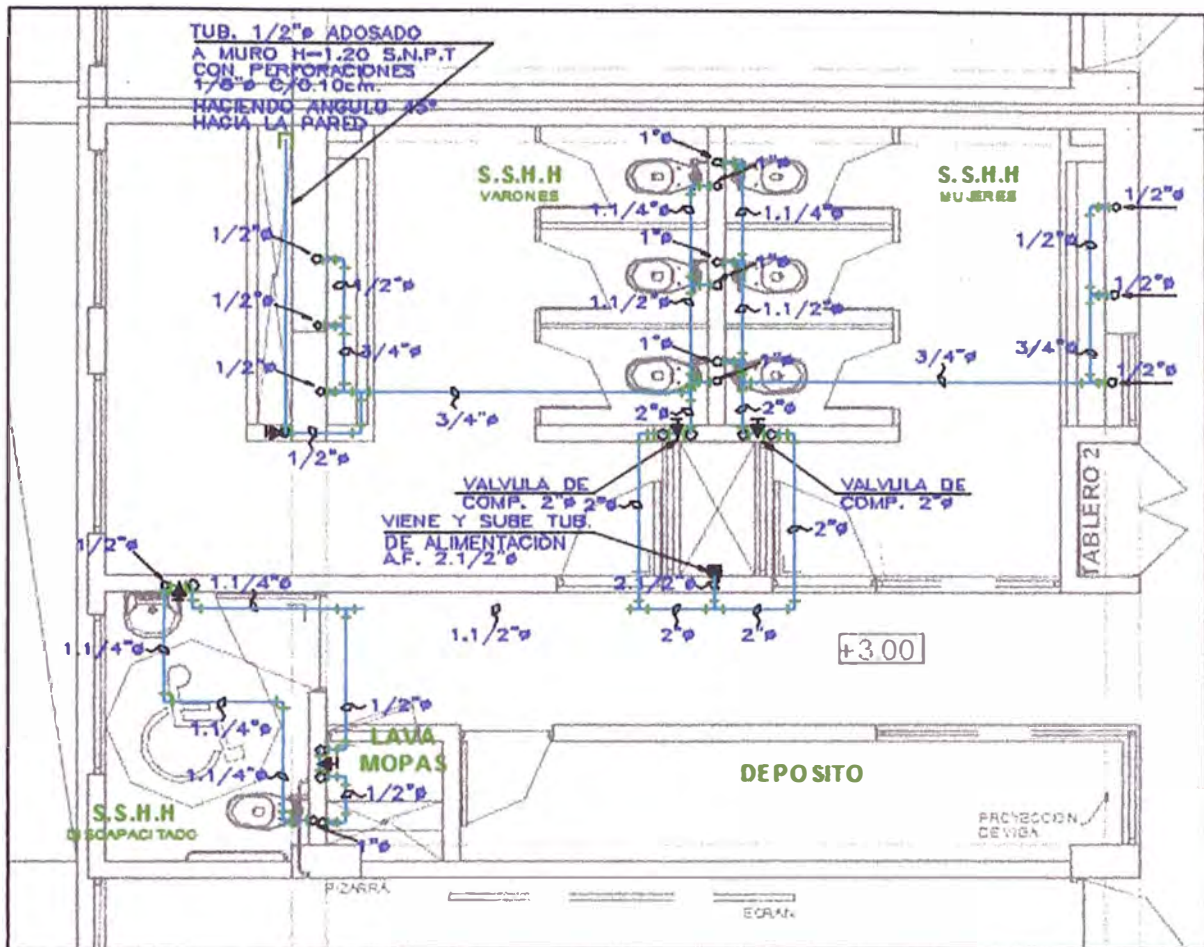
ESC 1/50

S H N° 5 Segundo Piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	11	4	44
Grifos	13	2	26
Urinario individual	1	2.5	2.5
Urinario colectivo	1	12	12
Lava mopas	1	3	3
Ducha	0	4	0
TOTAL			88

Fig. 4.7 Tuberías y equipos del SH 5 Segundo piso

Fuente: Elaboración propia.



S.H. N°6- SEGUNDO PISO AGUA FRIA

E SC 1/50

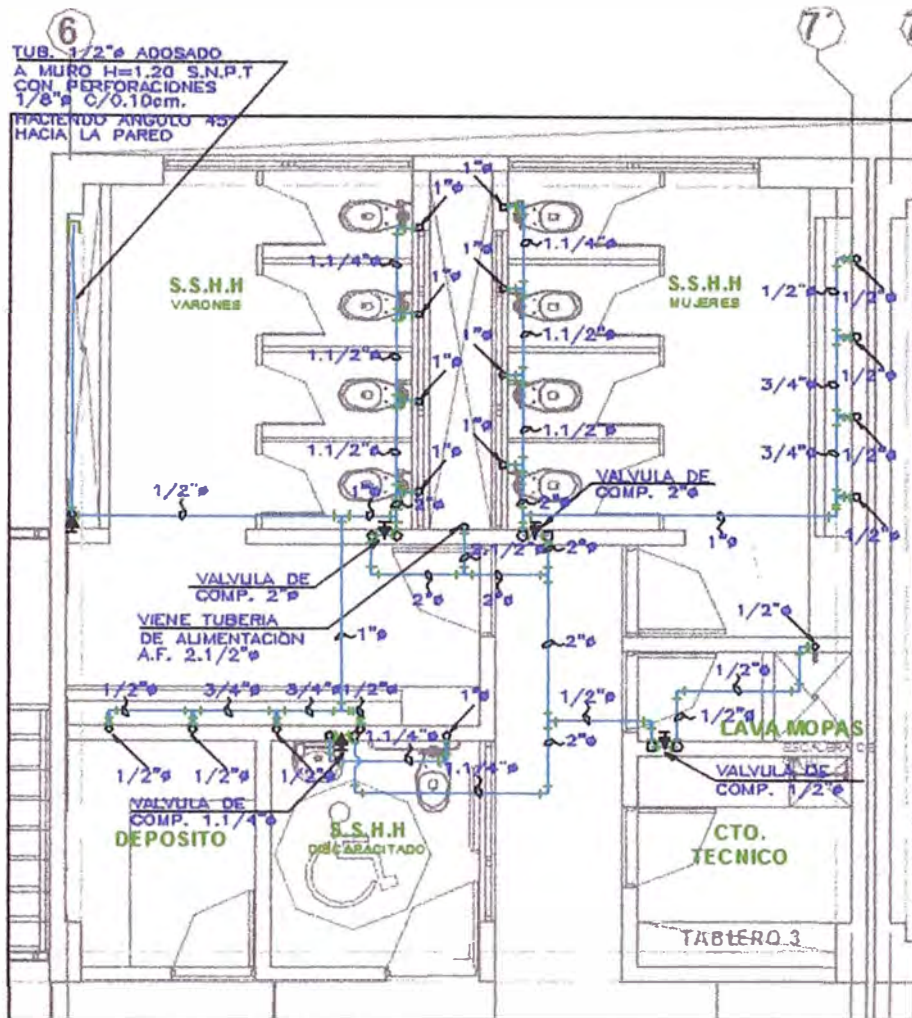
S H N° 6

Segundo piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	7	4	28
Lavatorios	7	2	14
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	1	9	9
Lava mopas	1	3	3
Ducha	0	4	0
TOTAL			54

Fig. 4.8 Tuberías y equipos del SH 6 Segundo piso

Fuente: Elaboración propia.



**S.H. N°7- TERCER PISO
AGUA FRIA**

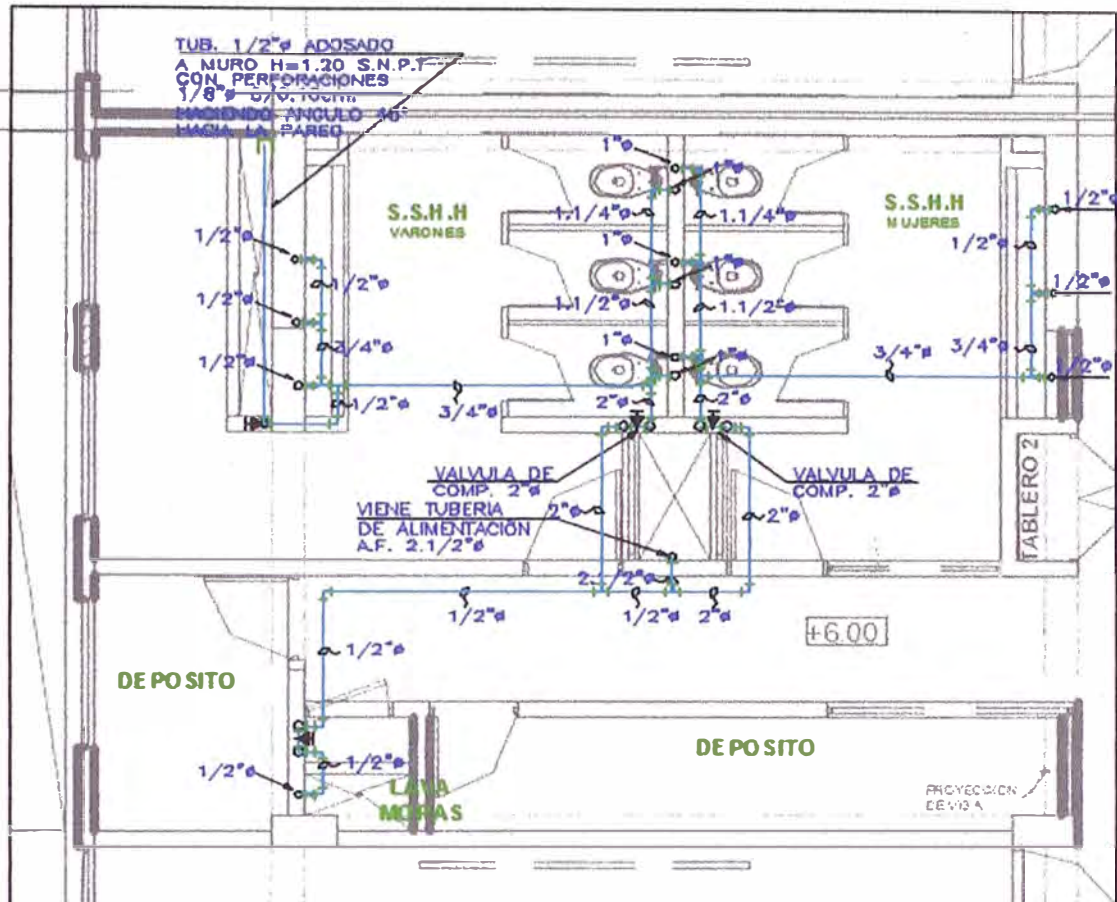
E SC 1/50

SH N° 7 Tercer Piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	9	4	36
Lavatorios	9	2	18
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	1	12	12
Lava mopas	1	3	3
Ducha	0	4	0
TOTAL			69

Fig. 4.9 Tuberías y equipos del SH 7 Tercer piso

Fuente: Elaboración propia.



S.H. N°8- TERCER PISO AGUA FRIA

E SC 1/50

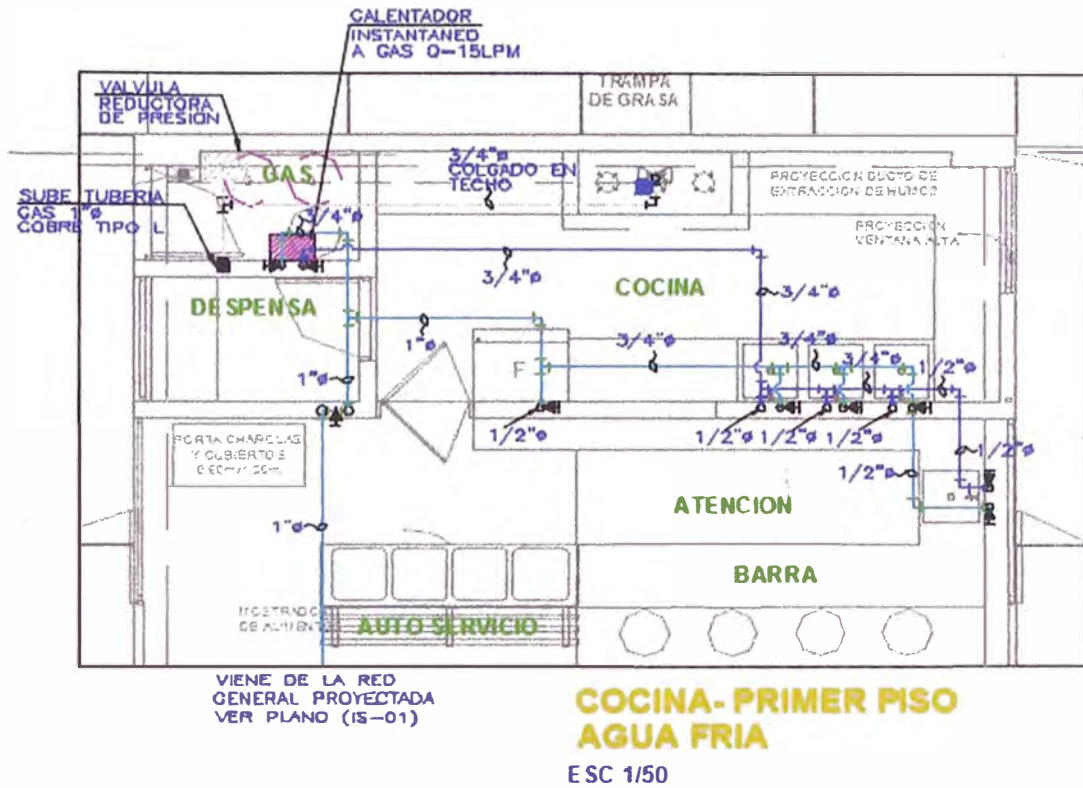
SH N° 8

Tercer piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	6	4	24
Lavatorios	6	2	12
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	1	12	12
Lava mopas	1	3	3
Ducha	0	4	0
TOTAL			51

Fig. 4.10 Tuberías y equipos del SH 8 Tercer piso

Fuente: Elaboración propia.

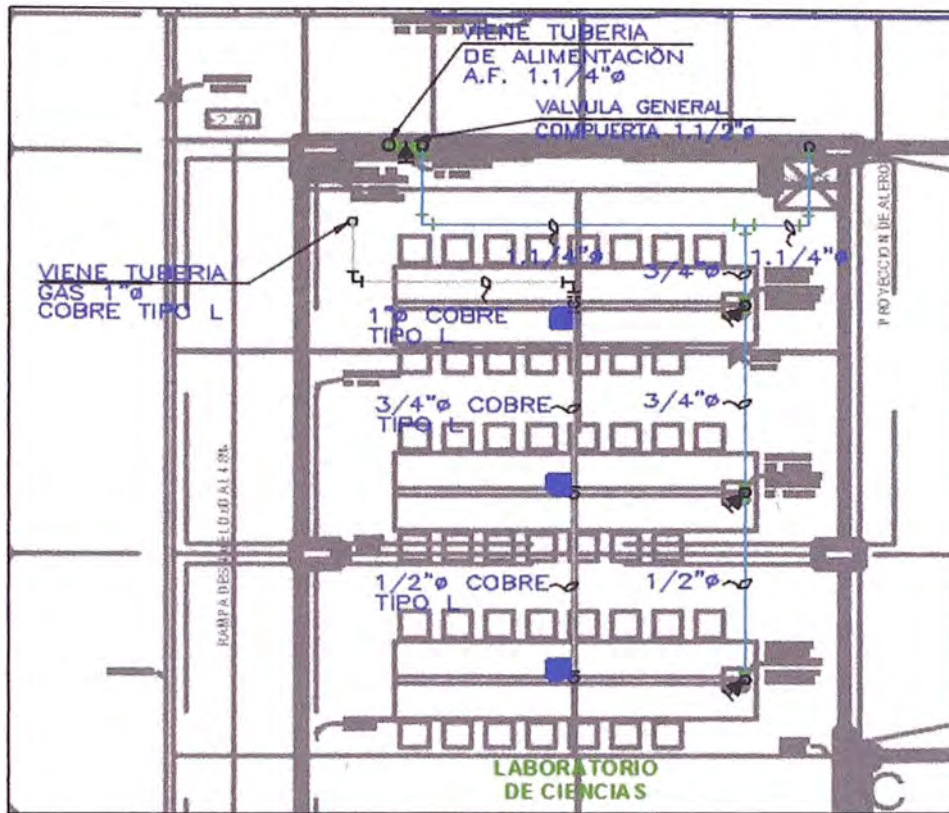


COCINA Primer piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	0	4	0
Lavatorios	5	2	10
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	0	12	0
Lava mopas	0	3	0
Ducha	0	4	0
TOTAL			10

Fig. 4.11 Tuberías y equipos del Cocina. Primer piso

Fuente: Elaboración propia.



LABORATORIO Segundo Piso

EQUIPO	Número de equipos	Unidades de gasto	
		unitario	parcial
Inodoro	0	4	0
Lavatorios	3	2	6
Urinario individual	0	2.5	0
Urinario colectivo	0	12	0
Lava mopas	0	3	0
Ducha	1	4	4
TOTAL			10

Fig. 4.12 Tuberías y equipos del Laboratorio de Ciencias. Segundo piso

Fuente: Elaboración propia.

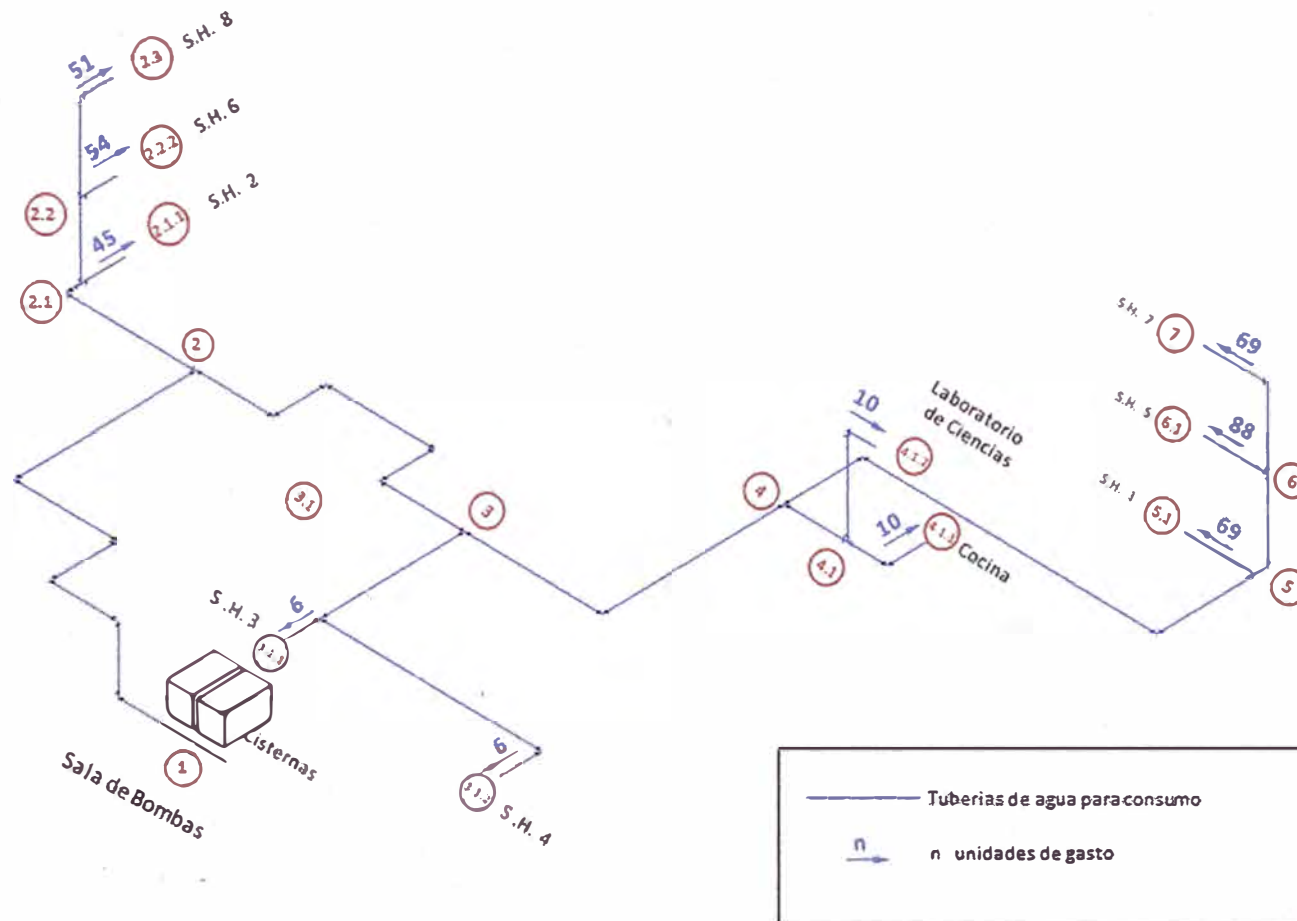


Fig. 4.13 Diagrama isométrico de la distribución de la demanda de unidades de gasto de agua.

Fuente: Elaboración propia.

De los datos anteriores se tiene el resumen de la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Resumen de unidades de gasto de red de consumo humano

Equipos de S.H.	S.H. Nº 1	S.H. Nº 2	S.H. Nº 3	S.H. Nº 4	S.H. Nº 5	S.H. Nº 6	S.H. Nº 7	S. H Nº 8	Cocina	Lab. Ciencias	Total
Inodoro	9	6	1	1	11	7	9	6	0	0	50
Lavatorios	9	6	1	1	13	7	9	6	5	3	52
urinario individual	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Urinario multiple	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	6
Lava mopas	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	5
Ducha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
											114
Unidades de gasto	69	45	6	6	88	54	69	51	10	10	408

4.3.1.3 Establecimiento de la ruta crítica

La ruta crítica une el punto de succión con el equipo más alejado de la red, pero debido a la complejidad de la red, esta se divide en dos tramos, uno de la sala de bombas al centro de consumo, SH, más alejado, y luego se determina la ruta crítica en el SH correspondiente.

Observando el diagrama isométrico de la Fig. 4.13 se ve que el centro de consumo de agua más alejado con respecto a la ubicación de la planta de bombeo es el S.H 7 por lo que el primer tramo la ruta crítica es el más corto que une estos puntos.

El segundo tramo va del punto de ingreso al SH 7 hasta el equipo más alejado como se muestra en la Fig. 4.14.

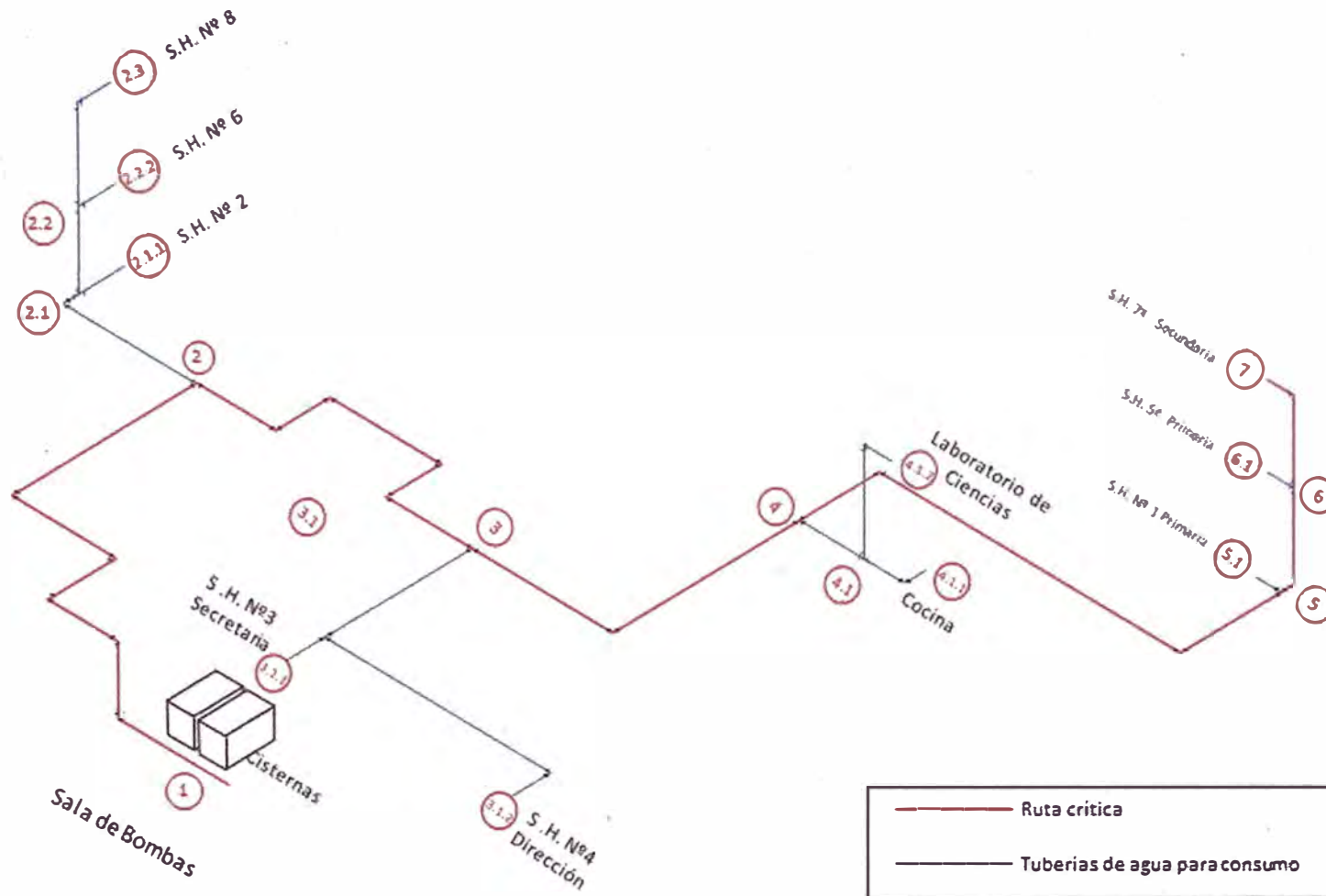


Fig. 4.14 Ruta crítica de la tubería de agua de consumo humano. Primer tramo, de Sala de bombas a SH 7

Fuente: Elaboración propia.

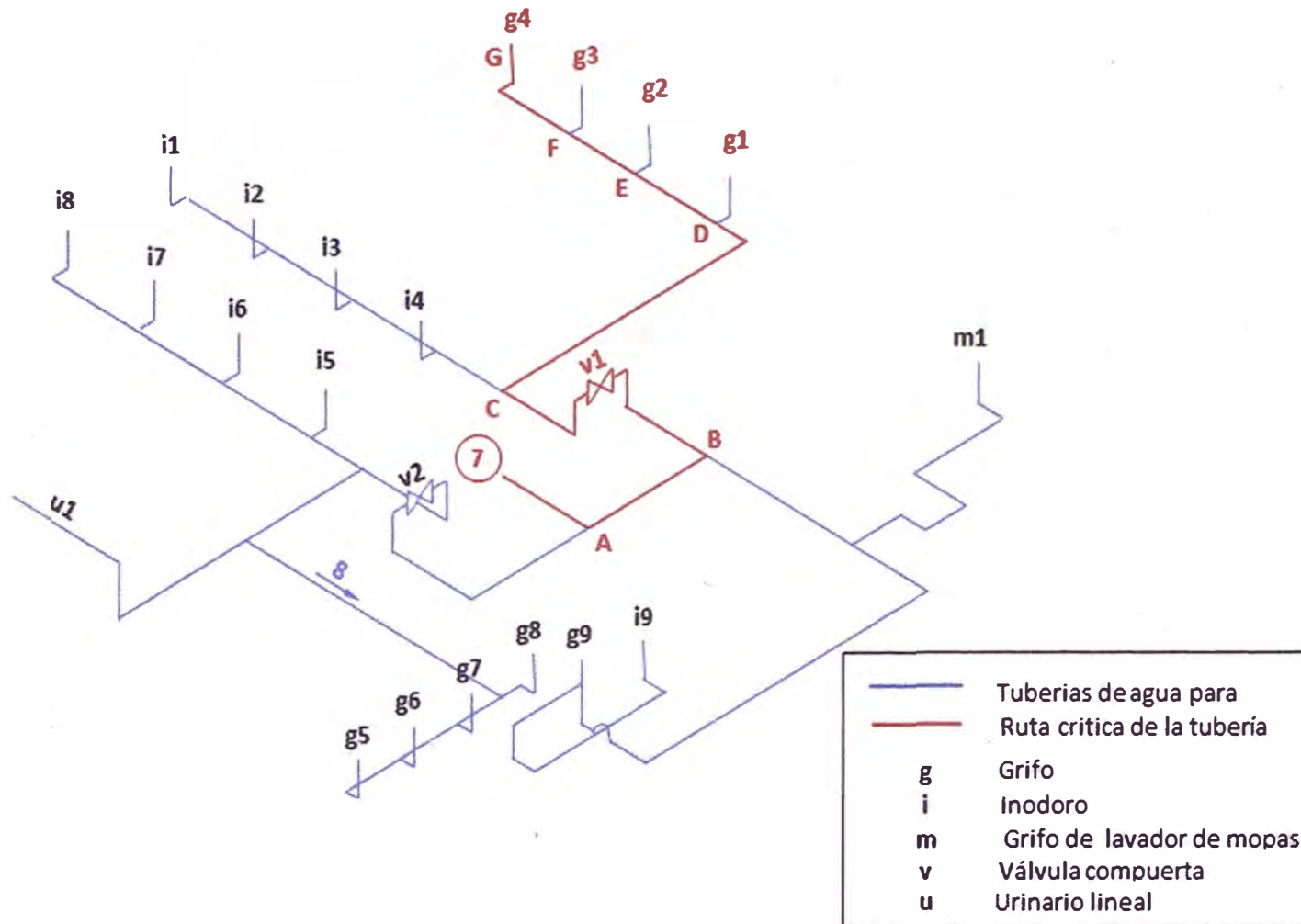


Fig. 4.15 Ruta crítica de la tubería de consumo humano. Segundo tramo, de ingreso a SH 7 hasta equipo más alejado g4.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.4 Unidades de gasto de la ruta crítica

Con los valores de las unidades de gasto determinados para cada centro de consumo en el subpárrafo 4.3.1.2 se van sumando las unidades de gasto en los puntos 1 al 7 según la Fig. 4.16.

En el interior del SH 7 se van sumando las unidades de gasto en el tramo del punto 7 de ingreso hasta el punto más alejado g4 como se muestra en la Fig. 4.16.

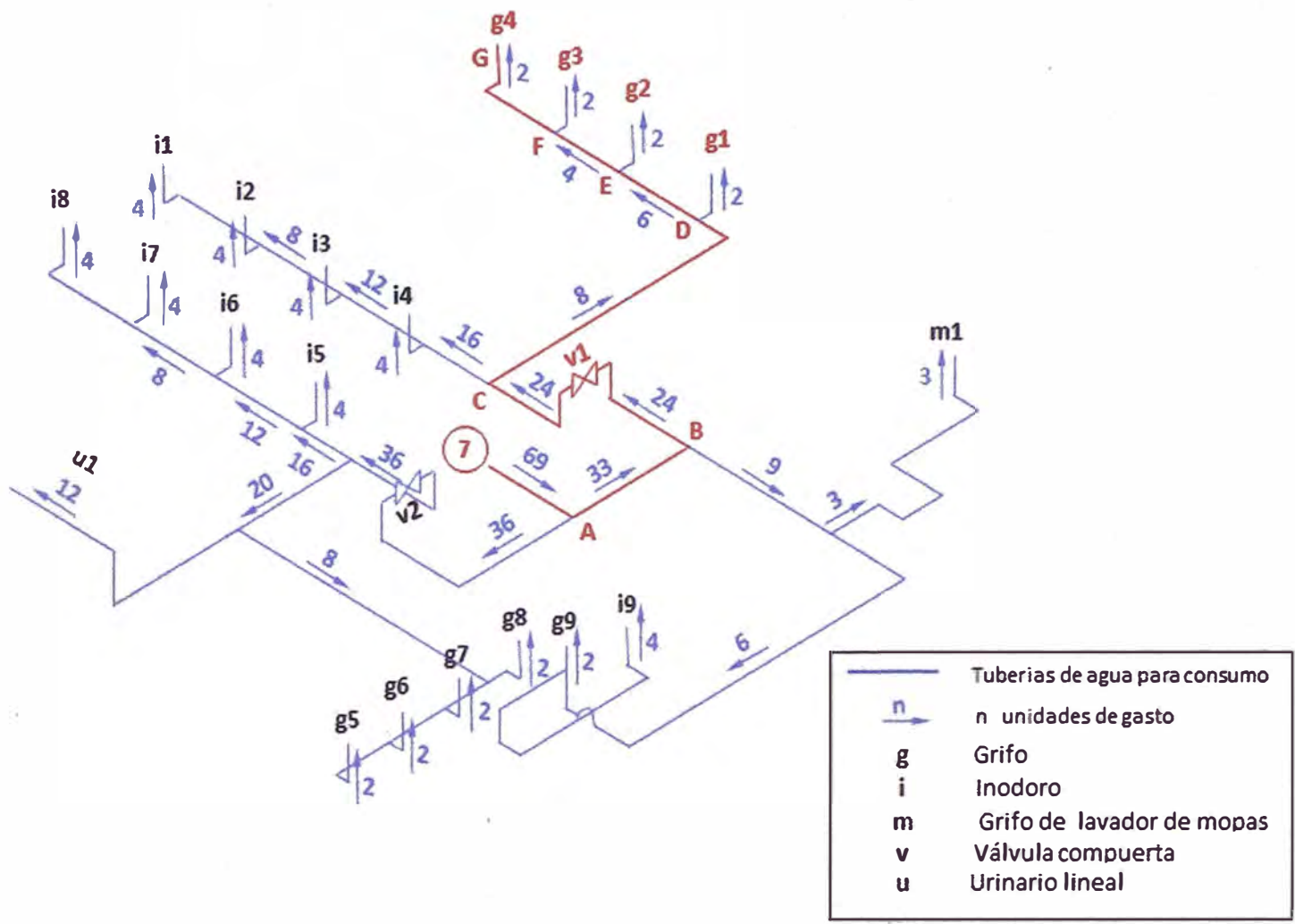


Fig.4.16 Unidades de-gasto en la ruta crítica de la tubería de agua en el SH 7

Fuente: Elaboración propia.

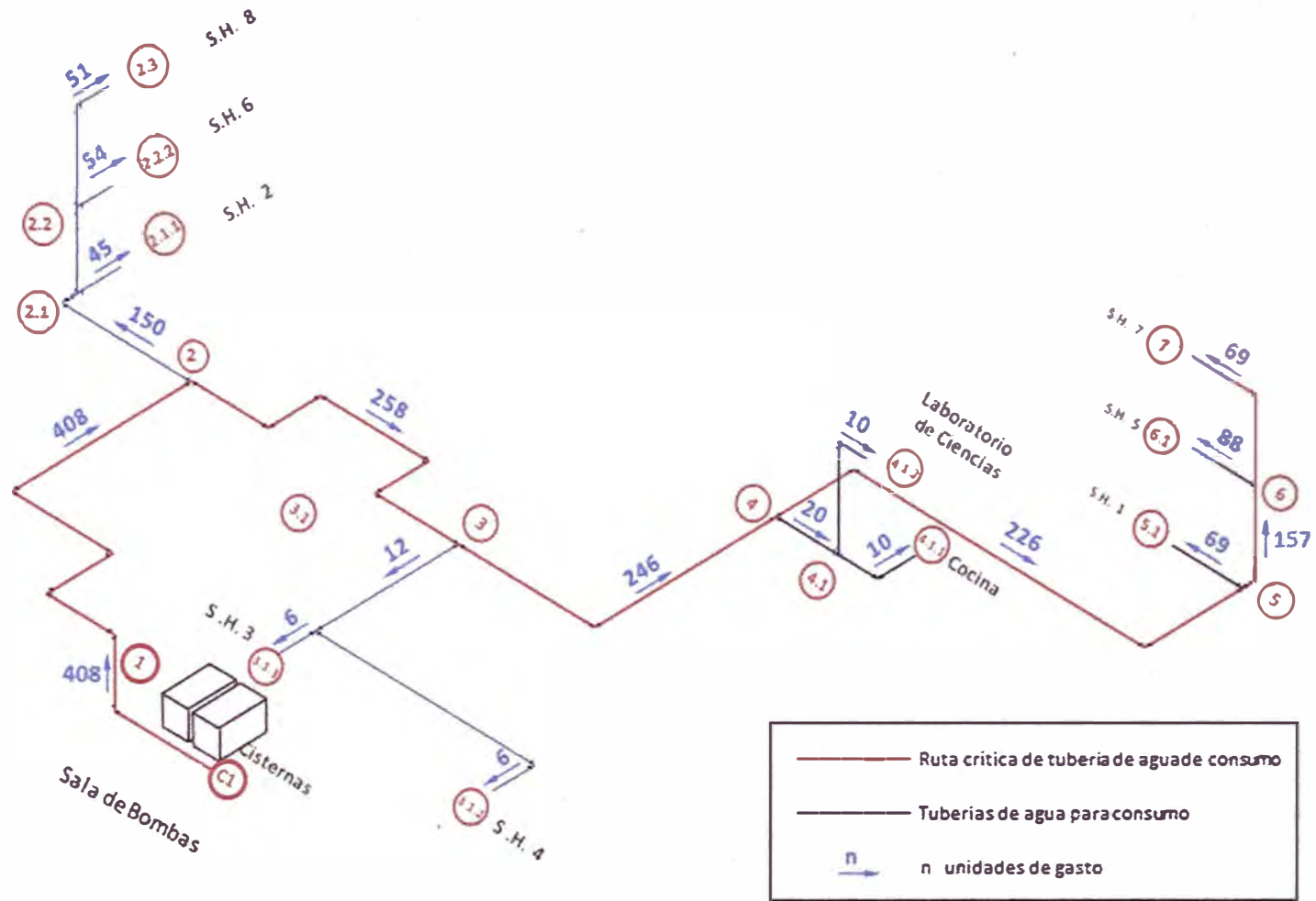


Fig.4.17 Unidades de gasto en la ruta crítica de los centros de consumo de agua para consumo humano.

Fuente: Elaboración propia.

4.3.1.5 Diámetros de tubería y caudal total

Con los caudales de la Fig.4.16 se seleccionan preliminarmente los diámetros de la tubería según la tabla 2.1 y se calcula la velocidad del agua.

Tabla 4.2 Diámetros, caudales y velocidades en ruta crítica de tuberías de SH 7

Tramo	Unidades de gasto	Q	D	D	A	V
		(L/s)	(Pulg)	(m)	(m ²)	(m/s)
G - F	2	0.30	1/2	1.7E-02	2.4E-04	1.262
F - E	4	0.65	3/4	2.3E-02	4.1E-04	1.58
E - D	6	0.80	3/4	2.3E-02	4.1E-04	1.94
D - C	8	1.00	1	2.9E-02	6.8E-04	1.47
C - B	24	1.42	2	5.4E-02	2.3E-03	0.62
B - A	33	1.61	2 1/2	5.4E-02	2.3E-03	0.70
A a 7	69	2.15	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	0.93

Se verifica que la velocidad sea menor que la señalada en la tabla 2.2. la velocidad máxima calculada es de 1,94 m/s para tubería de ¾ mientras que en la tabla 2.2 la velocidad mínima es de 2,20 m/s por lo que se cumple con la recomendación. De manera similar se determinan los diámetros de las tuberías del tramo de tubería entre los puntos 1 y 7, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Diámetros, caudales y velocidades de la de tubería, en ruta crítica desde la planta de bombeo hasta el ingreso al SH 7

TRAMO	Unidades de gasto	Q	D	D	A	V
		(L/s)	(Pulg)	(m)	(m ²)	(m/s)
7 a 6	69	2.22	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	0.96
6 a 5	157	3.16	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	1.37
5 a 4	226	3.56	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	1.54
4 a 3	246	3.86	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	1.67
3 a 2	258	3.82	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	1.66
2 a 1	407.5	4.77	2 1/2	5.42E-02	2.3E-03	2.07

$$Q_c = 4.77 \frac{L}{s}$$

4.3.2 Cálculo de la altura dinámica total

La altura dinámica total se calcula con la expresión 2.11 donde se tienen en cuenta las consideraciones siguientes:

Materiales de las tuberías	ϵ
	(mm)
Fo Go	0,15
PVC	0,0015

El cálculo del coeficiente de fricción en las tuberías se realiza con el diagrama de Moody para lo cual se calculan la rugosidad relativa y el número de Reynolds del flujo de agua en las tuberías.

Los resultados se muestran en las tablas 4.4 y 4.5 y en el diagrama de Moody de la Fig.4.18.

Tabla 4.4 Coeficiente de fricción en tuberías de ruta crítica en el SH 7

Tramo	D (Pulg)	V (m/s)	e/D	Re	f
G - F	1/2	1.262	8.62E-05	2.18E+04	0.0243
F - E	3/4	1.58	6.55E-05	3.60E+04	0.0220
E - D	3/4	1.94	6.55E-05	4.4E+04	0.0218
D - C	1	1.47	5.10E-05	4.3E+04	0.0190
C - B	2	0.62	2.77E-05	3.3E+04	0.0235
B - A	2 1/2	0.70	2.77E-05	3.8E+04	0.0260
A a 7	2 1/2	0.93	2.77E-05	5.0E+04	0.0220

Tabla 4.5 Coeficiente de fricción de ruta crítica de tuberías de consumo humano

Tramo	D (Pulg)	V (m/s)	e/D	Re	f
7 a 6	2 1/2	0.96	2.77E-05	5.2E+04	0.0205
6 a 5	2 1/2	1.37	2.77E-05	7.4E+04	0.0192
5 a 4	2 1/2	1.54	2.77E-05	8.3E+04	0.0182
4 a 3	2 1/2	1.67	2.77E-05	9.0E+04	0.0185
3 a 2	2 1/2	1.72	2.77E-05	9.3E+04	0.0189
2 a 1	2 1/2	2.07	2.77E-05	1.1E+05	0.0289
1 a C1	2 1/2	2.07	2.77E-03	1.1E+05	0.0378

Diagrama de Moody

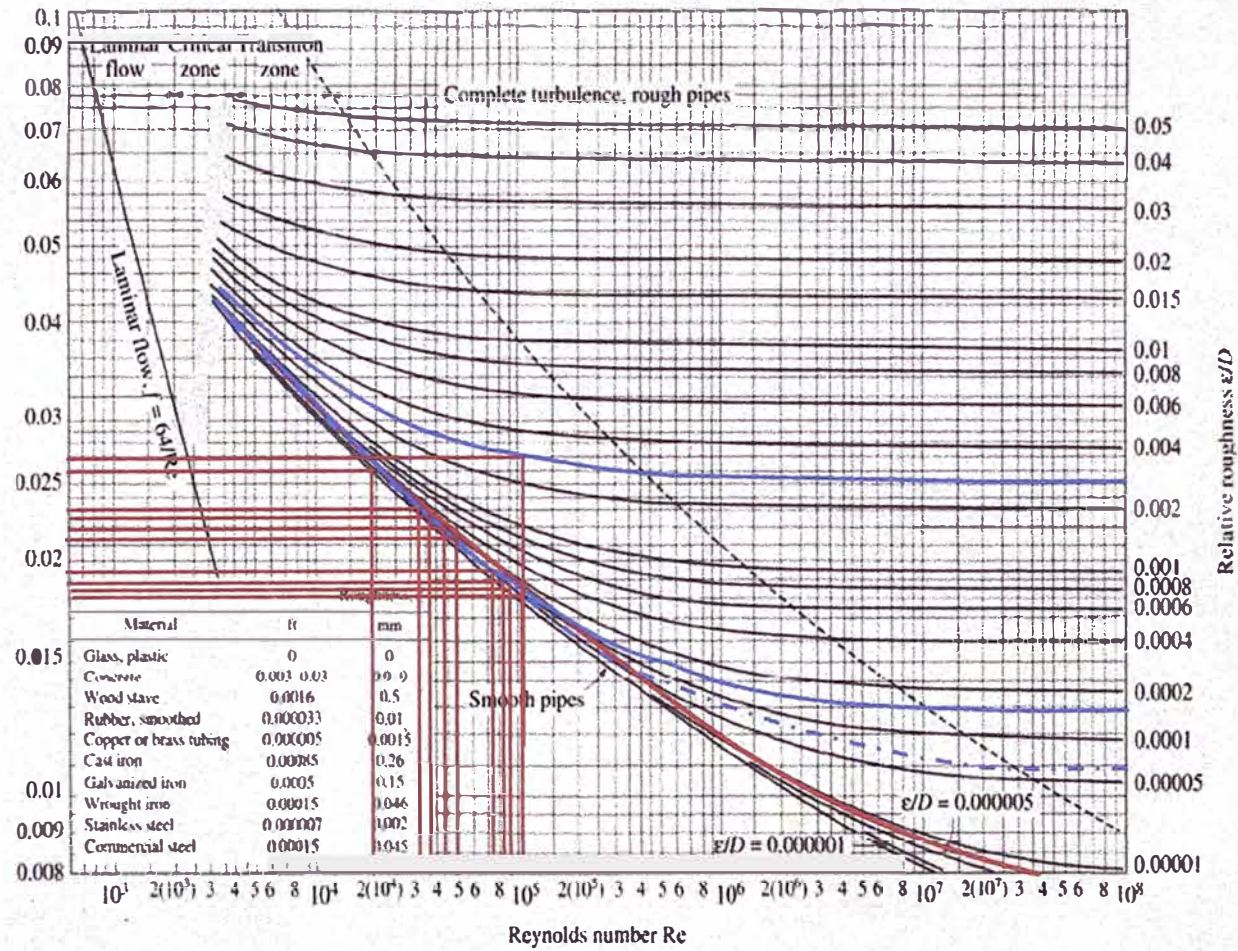


Fig. 4.18 Determinación de los coeficientes de fricción en el diagrama de Moody

Fuente: Elaboración propia.

La altura dinámica total se calcula con la expresión 2.1.

Longitud equivalente de los accesorios según el tipo y diámetro se se obtienen de la Fig. 4.19 las que se resumen en la tabla siguiente.

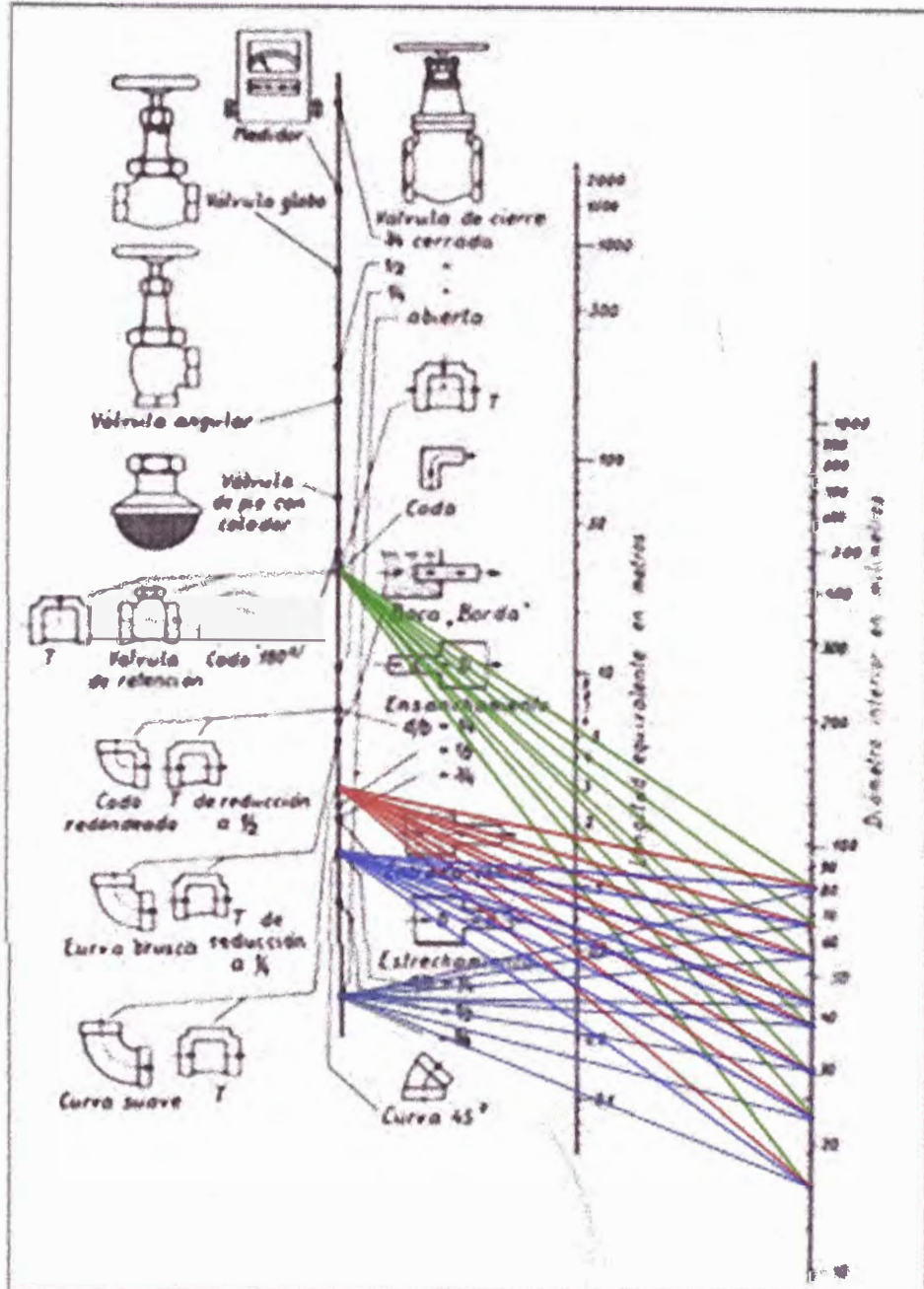


Fig. 4.19 Gráfico para determinar la longitud equivalente de accesorios.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.5 Longitud equivalente de accesorios de tubería en ruta crítica de red de consumo de humano.

Diámetro de ducto		Codos 90° Curva suave	Te	Válvula		Reducción de 1 a 3/4
Nominal pulgadas	interior mm			Compuerta abierta	Retención	
1/2	17	0.32	1.10	0.11	1.10	0.19
3/4	23	0.48	1.30	0.15	1.30	0.27
1	29	0.60	2.00	0.20	2.00	0.32
1 1/4	38	0.80	2.40	0.26	2.40	0.41
1 1/2	43	0.90	2.80	0.30	2.80	0.48
2	54	1.18	3.60	0.38	3.60	0.60
2 1/2	66	1.30	4.30	0.45	4.30	0.72
3	81	1.56	5.20	0.57	5.20	0.90

Para seleccionar las electrobombas se determina primero la altura dinámica total la que se realiza aplicando la expresión (2.11) La altura estática H_z se determina considerando que la altura entre pisos es de 3.60 m

Tabla 4.6 Altura dinámica total de la tubería para consumo humano

Tramo	L (m)	Le (m)	LT (m)	hl (m)	Dz (m)	Hequipos (m)	HT (m)	HT acum. (m)
G - F	2.99	0.64	3.63	0.41	1.10	10.0	11.51	11.51
F - E	1.60	1.16	2.76	0.34	0.00	0.0	0.34	11.85
E - D	1.60	1.16	2.76	0.51	0.00	0.0	0.51	12.35
D - C	6.40	1.20	7.60	0.54	0.00	0.0	0.54	12.90
C - B	2.30	5.84	8.14	0.07	0.00	0.0	0.07	12.96
B - A	1.60	1.38	2.98	0.04	0.00	0.0	0.04	13.00
A a 7	1.20	2.52	3.72	0.07	3.60	0.00	3.67	16.67
7 a 6	3.00	1.48	4.48	0.08	3.60	0.00	3.68	20.35
6 a 5	16.77	4.60	21.37	0.72	0.00	0.00	0.72	21.07
5 a 4	16.00	2.52	18.52	0.75	0.00	0.00	0.75	21.10
4 a 3	18.73	5.64	24.37	1.19	0.00	0.00	1.19	22.26
3 a 2	21.77	4.30	26.07	1.36	0.00	0.00	1.36	22.47
2 a 1	1.17	2.00	3.17	0.37	1.22	0.00	1.59	24.05
1 a C1	10.00	12.18	22.18	3.37	2.72	0.00	6.09	28.93

L = Longitud de la tubería

Dz = Diferencias de cotas

Le = Longitud equivalente de accesorios

H_{equipos} = Altura de suministro

LT = Longitud total equivalente.

HT = Altura parcial por tramo

hl = Altura de pérdidas

A_{Cumulado} = Altura total acumulada

$$HDT_c = 28,93 \text{ m}$$

4.3.3 Selección de la bomba

En un sistema de bombas que operan con altura constante y velocidad variable está conformado por una o más bombas conectadas en paralelo.

Para determinar el número de bombas tienen en cuenta dos condiciones:

- Que se tenga una bomba de respaldo
- Que las bombas funcionen con la máxima eficiencia posible.

Para tener un sistema confiable se analiza el caso de tener dos bombas operando en paralelo y una bomba de respaldo, para lo cual se divide el caudal de diseño de 2.77 L/s en dos resultando el caudal de la bomba::

$$Q_B = 0,5 \cdot Q$$

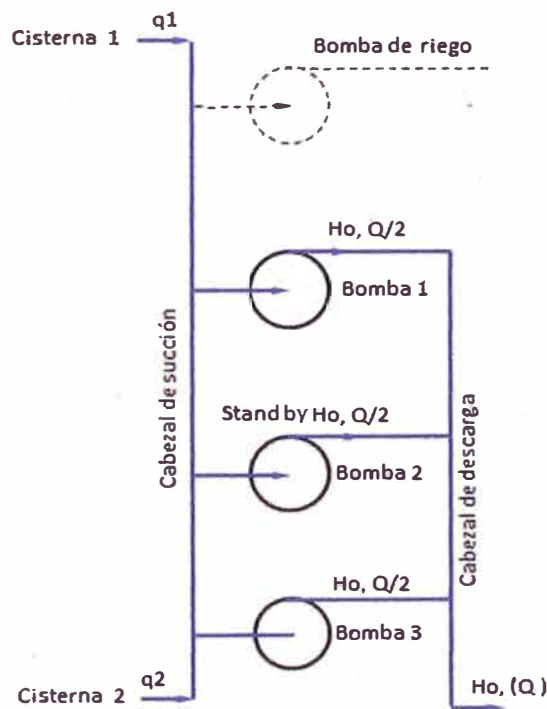


Fig. 4.20 Disposición de bombas.

Fuente: Elaboración propia.

$$Q_B = 0,5 \cdot 4,77$$

$$Q_B = 2,38 \text{ L/s}$$

$$Q_B = 143,1 \text{ L/min}$$

Seleccionando una bomba estándar de velocidad variable MATIX 10-4/1.5 kW de diámetro de impulsor de 100,5 mm cuyo diagrama de operación se muestra en la Fig. 4.21.

MATRIX 10-4/1.5 (1.5 kW) - Impeller diameter = 100.5 mm
MATRIX 10-3/1.3 (1.3 kW) - Impeller diameter = 100.5 mm
MATRIX 10-2/0.75 (0.75 kW) - Impeller diameter = 100.5 mm

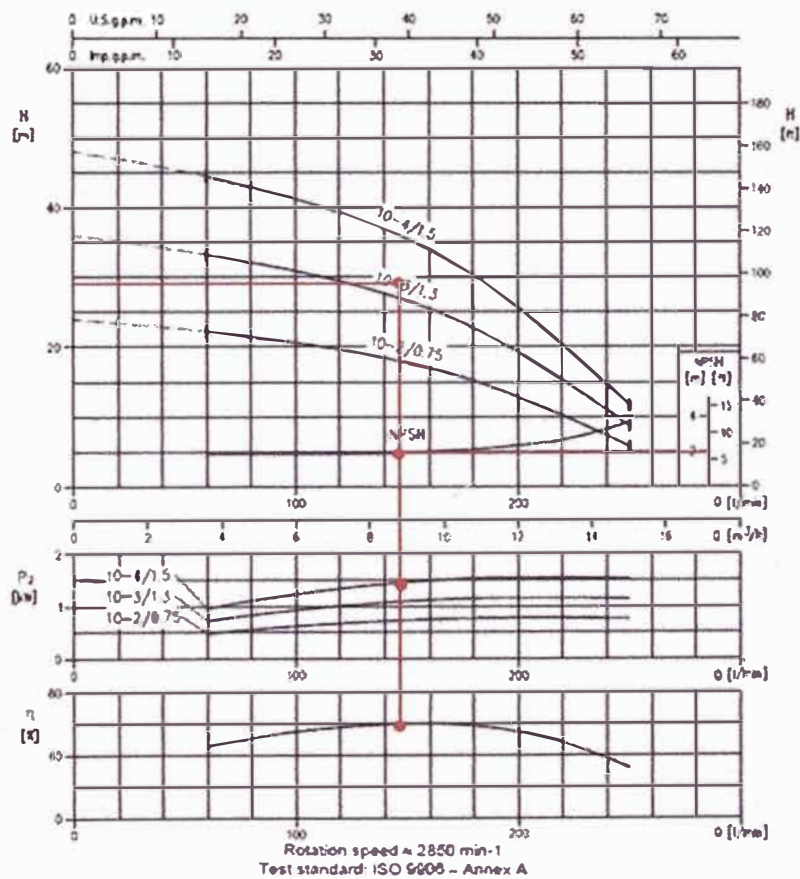


Fig. 4.21 Puntos de operación en Bomba MATIX 10-4/1.5 kW de diámetro de impulsor de 100,5 mm

Fuente: Elaboración propia

Se observa en el gráfico de caudal vs eficiencia que la bomba con el caudal de diseño funciona en su punto de mayor eficiencia y que operando en paralelo cubren el caudal de diseño. La potencia se calcula con la expresión 2.5, teniendo en cuenta los siguientes datos:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_c = 0,00238 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$HDT_c = 28,93 \text{ m}$$

$$\eta = 0,60$$

$$Pb_c = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,00238 \cdot 28,93}{1000 \cdot 0,60}$$

$$Pb_c = 1,127 \text{ kW}$$

4.3.4 Selección del motor eléctrico

Considerando el factor de multiplicación de la potencia de la tabla 2.5

Factor = 1,25

$$Pm = 1,25 \cdot 1,127$$

$$Pm = 1,41 \text{ kW}$$

$$Pm = 1,91 \text{ hp}$$

Para la bomba de la red de consumo humano se selecciona un motor eléctrico asíncrono estándar de alta eficiencia de las siguientes

características

Potencia	:	2,2 kW
Carcasa	:	90 S
Número de polos	:	2
Velocidad	:	3 450 rpm
Tensión	:	220 V

4.4 Red de agua para riego

4.4.1 Cálculo del caudal y selección de tuberías

El cálculo del caudal se realiza siguiendo las recomendaciones de la norma IS 010 considerando que:

- Se requiere un grifo por cada 100 m² de jardín.
- El caudal de un grifo para riego es de 0,2 L/s

En la Fig. 4.22 se muestra el diagrama isométrico de la red de riego. Como se tienen 500 m² de jardines se tienen 5 grifos, cada uno con un suministro de 0,2 L/s.

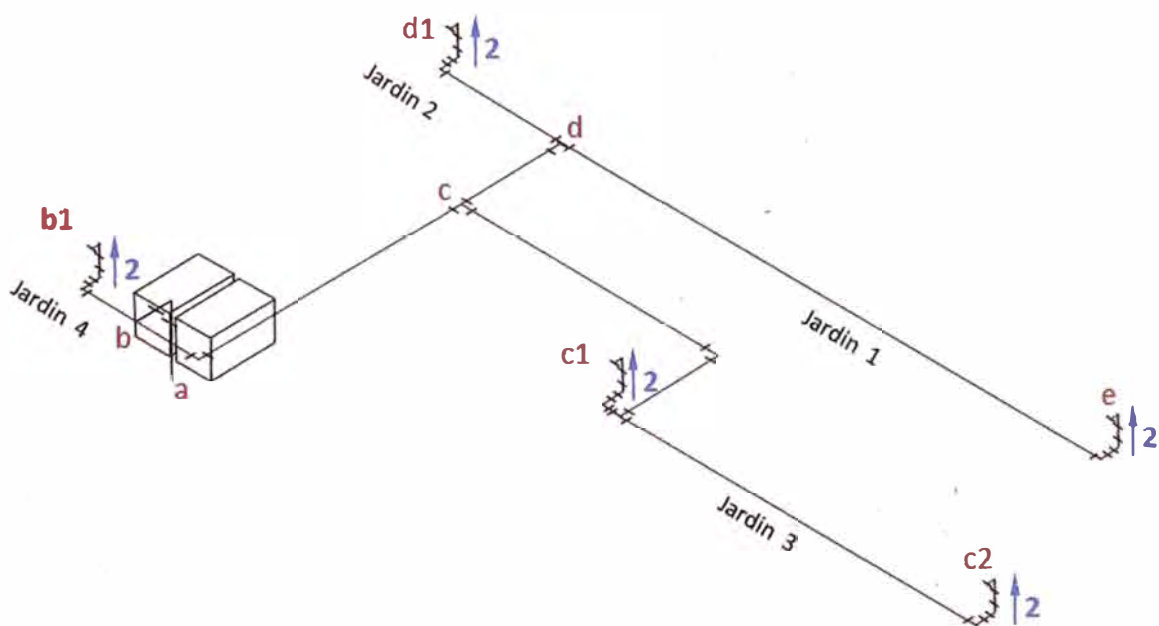


Fig. 4.22 Diagrama isométrico de la red de riego, con los consumos en L/s

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.1 Caudales de la ruta crítica de la red de riego

En el diagrama isométrico de la Fig. 4.19 se establece la ruta crítica de la red desde la sala de bombas y hasta el grifo más alejado. Fig. 4.23.

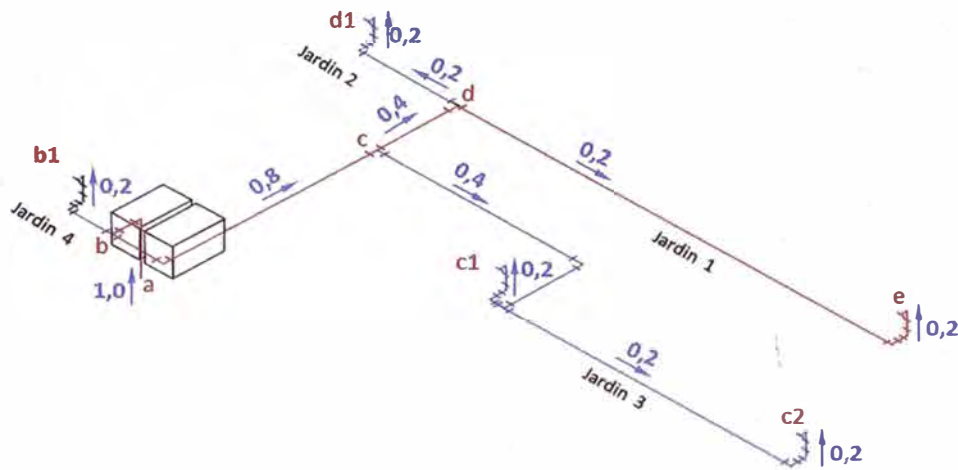


Fig. 4.23 Ruta crítica y caudales de la red de riego

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.2 Diámetros de la tubería y caudal total

Establecidos los caudales en los tramos de la red de tuberías se determinan los diámetros de cada uno de ellos de manera que la velocidad en el tramo correspondiente sea menor a la de la máxima permitida en la tabla correspondiente.

Tabla 4.7 Diámetros de tuberías y caudal de la red de riego

TRAMO	Q (L/s)	D (Pulg)	D (m)	A (m ²)	V (m/s)
e - d	0.20	3/4	2.29E-02	4.1E-04	0.49
d - c	0.40	1 1/4	3.80E-02	1.1E-03	0.35
c - b	0.80	1 1/2	4.34E-02	1.5E-03	0.54
b - a	1.00	1 1/2	4.34E-02	1.5E-03	0.68

El caudal de la red de riego es:

$$Q_R = 1,00 \text{ L/s}$$

4.4.2 Cálculo de la altura dinámica total

El tramo de tubería b-a se encuentra instalado en la sala de bombas, expuesta sobre el piso o suspendida del techo mediante soportes adecuados. En este caso se utilizan tuberías de acero, con una rugosidad absoluta de 0,015 mm.

Los tramos de tubería e-d, d-c y c-b se instalan en los diversos ambientes del colegio enterradas o empotradas en paredes, techo o piso por lo que se selecciona como material de la tubería al PVC con rugosidad absoluta de 0,0015 mm.

La tabla de cálculo de los coeficientes de fricción se presenta en la tabla:

Tabla 4.8 Coeficiente de fricción de las tuberías de la red de riego.

TRAMO	D (Pulg)	V (m/s)	e/D	Re	f
e - d	3/4	0.49	6.55E-05	1.1E+04	0.0182
d - c	1 1/4	0.35	3.95E-05	1.3E+04	0.0185
c - b	1 1/2	0.54	3.46E-05	2.3E+04	0.0189
b -a	1 1/2	0.68	3.46E-05	2.9E+04	0.0289

Longitud equivalente de los accesorios según el tipo y diámetro utilizados en las tuberías se obtiene de la Fig. 4.18.

La altura dinámica total se calcula con la expresión 2.1 y sus resultados son:

Tabla 4.9 Altura dinámica total de la tubería de la red de riego

TRAMO	L (m)	Le (m)	LT (m)	hl (m)	Dz (m)	Hequipos (m)	HT (m)	HT acum. (m)
e - d	50.70	1.44	52.14	0.50	0.40	10.00	10.90	10.90
d - c	10.72	1.26	11.98	0.04	0.00	0.00	0.04	10.93
c - b	23.40	2.23	25.63	0.17	0.00	0.00	0.17	11.10
b - a	3.64	12.92	16.56	0.26	2.30	0.00	2.56	13.66

La altura dinámica total de la bomba de riego es:

$$HDT_R = 13,66 \text{ m}$$

4.4.3 Potencia de la bomba

La potencia de la bomba para riego se calcula con la expresión 2.5, teniendo en cuenta los siguientes datos:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_R = 0,0010 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$HDT_R = 13,66 \text{ m}$$

$$\eta = 0,63$$

$$Pb_R = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0010 \cdot 13,66}{1000 \cdot 0,63}$$

$$Pb_R = 0,213 \text{ kW}$$

4.4.4 Selección de la bomba

Se selecciona una bomba que suministre el caudal y la altura requeridos con una eficiencia aceptable.

La bomba B1.1/2 x2 cumple con estas exigencias.

4.4.5 Selección del motor eléctrico

Considerando el factor de multiplicación de la potencia de la tabla 2.5

Factor = 1.25

$$Pm_R = 1,25 \cdot 0,213$$

$$Pm_R = 0,27 \text{ kW}$$

$$Pm_R = 0,36 \text{ hp}$$

Se selecciona un motor eléctrico asíncrono estándar de alta eficiencia de las siguientes características

Potencia	0,37 kW
Carcasa	71
Número de polos	4
Velocidad	1680 rpm
Tensión	220 V

4.5 Electrobomba de sumidero

Para evitar una posible inundación de la sala de bombas se instala un sumidero con una capacidad de almacenamiento de un metro cúbico cuyo fondo se ubica a una profundidad de 1,80 m con referencia al nivel de piso terminado de la sala de bombas.

En este sumidero se instalan dos bombas sumergibles en paralelo, una de servicio y una de seguridad, o stand by. La bomba de succión de servicio debe tener capacidad para evacuar un caudal al menos igual al caudal total que bombea la sala de bombeo.

Estas bombas elevan el agua desde el sumidero hasta el nivel del jardín superior con la tubería que se muestra en la Fig. 4.19.

4.5.1 Cálculo del caudal

El caudal total que suministra la planta de bombeo es la suma de del caudal para consumo humano y para riego.

Tipo de uso	Caudal (L/s)
Consumo humano	4,77
Riego	1,00
Total	5,77

La bomba de sumidero debe poder evacuar el caudal de operación de la planta, lo que realiza a través de una tubería como se muestra en la Fig. 4.19.

$$Q_s = 0,00575 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.5.2 Cálculo de la altura dinámica total

El diagrama isométrico de la tubería de sumidero se muestra en la Fig.4.24 desde las bombas P y T sumergidas en el sumidero hasta el nivel del jardín cuyos detalles se muestran en el plano correspondiente. Como esta tubería se instala expuesta se utiliza tubería de Fo Go.

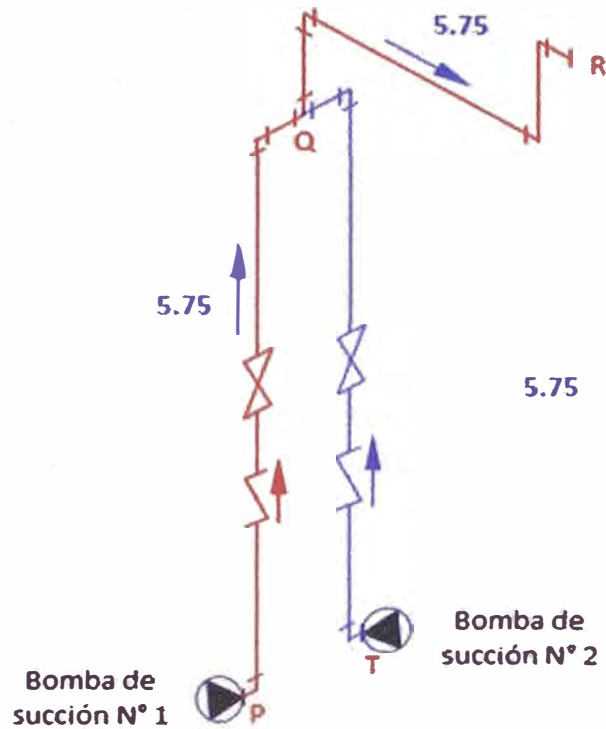


Fig. 4.24 Tubería de sumidero

Fuente: Elaboración propia.

Los diámetros de los tramos de la tubería se seleccionan considerando que la velocidad del agua sea menor a 3,5 m/s.

Tabla 4.10 Diámetros de tuberías y caudal de tubería de sumidero

TRAMO	Q (L/s)	D (Pulg)	D (m)	A (m ²)	V (m/s)
P - Q	5.75	2 1/2	0.05	2.31E-03	2.49

La tubería del sumidero se instala expuesta y colgada se utiliza tubería de acero con una rugosidad absoluta del material de 0,0030 mm con los resultados de la tabla 4.12.

Tabla 4.11 Coeficiente de fricción de las tuberías de sumidero.

TRAMO	D (Pulg)	V (m/s)	e/D	Re	f
P - Q	2 1/2	2.49	5.54E-05	1.34E+05	1.85E-02

Se considera conveniente que la presión de salida del agua sea equivalente a una columna de agua de 5 m y con las dimensiones detalladas en planos se obtienen los resultados de la tabla siguiente.

Tabla 4.12 Altura dinámica total de la tubería para consumo humano

TRAMO	L (m)	Le (m)	LT (m)	hl (m)	Dz (m)	Hequipo (m)	HT (m)	HT acum. (m)
P - Q	4.20	8.62	12.82	1.39	4.20	5.00	10.59	10.59

La altura dinámica total de la bomba de sumidero es:

$$HDT_s = 10,59 \text{ m}$$

4.5.3 Potencia de la Bomba

La potencia de la bomba de succión se calcula con la expresión 2.5,

teniendo en cuenta los siguientes datos:

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$Q_s = 0,00575 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$HDT_s = 10,59 \text{ m}$$

$$\eta = 0,63$$

$$P_{b_s} = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,00575 \cdot 10,59}{1000 \cdot 0,63}$$

La potencia hidráulica de la bomba de sumidero es:

$$P_{bS} = 0,948 \text{ kW}$$

4.5.4 Selección de la bomba

Se selecciona una bomba que suministre el caudal y la altura requeridos con una eficiencia aceptable. La bomba 32-160 L

4.5.5 Selección del motor eléctrico

Considerando el factor de multiplicación de la potencia del motor bombas de la tabla 2.5

$$\text{Factor} = 1.25$$

$$P_m = 1,25 \cdot 0,948$$

$$P_m = 1,18 \text{ kW}$$

$$P_m = 1,61 \text{ hp}$$

Se selecciona un motor eléctrico asíncrono estándar de alta eficiencia de las siguientes características:

Potencia	:	1,5 kW
Carcasa	:	90
Número de polos	:	2
Velocidad	:	3 385 rpm
Tensión	:	220 V
Fases	:	3
Frecuencia	:	60 Hz

4.6 Dimensiones de la cisterna

4.6.1 Demanda de agua total

La demanda total de agua es la suma de la demanda de agua para consumo humano y agua para riego.

Caudal de agua para consumo humano	:	4.77 L/s
Caudal de agua para riego	:	1,00 L/s
Caudal total del proyecto	:	5.77 L/s

4.6.2 Dotación de agua

La dotación de agua por personas se determina con:

Volumen de agua por personas

Número de alumnos	900
Ratio alumnos/profesor	25
Número de profesores	36
Personal administrativo	20
Total Personas	974
Dotación	50 L/persona
Volumen diario por personas	48,7 m ³

Volumen de agua por comedor

Área de comedor	62,4 m
Dotación	50,0 L/m ²
Volumen por comedor	3,12 m ³

Volumen de agua por jardines

Área total de jardines	500 m ²
Dotación	2 L/m ²
Volumen de agua por jardines	1,0 m ³

4.6.3 Volumen de agua requerido

Sumando los volúmenes anteriores:

Volumen por personas	48,7 m ³
Volumen por comedor	3,1 m ³
Volumen de agua por jardines	1,0 m ³
Volumen mínimo de la cisterna	52,8 m ³

4.6.4 Dimensiones de las cisternas y volumen total

Teniendo en cuenta el espacio disponible se utilizarán dos cisternas de las dimensiones siguientes:

Cisterna 1

Largo	7,10 m
Altura	1,70 m
Ancho	2.25 m
Volumen útil	27,15 m ³

Cisterna 2

Largo	7,10 m
Altura	1,70 m
Ancho	2.30 m
Volumen útil	27,15 m ³

4.7 NSPH

Las bombas de agua para consumo humano y red de riego están conectadas a un cabezal de succión común que es de acero de las características y dimensiones señaladas en el plano de la sala de bombas en las que la bomba de consumo más alejada del punto de alimentación de la cisterna.

En el plano de la sala de bombas se observa que por sus condiciones de instalación, normalmente las bombas trabajan con una columna de succión positiva y que solo en caso de se vacíe la cisterna las bombas operan con una columna de succión negativa 0,20 m.

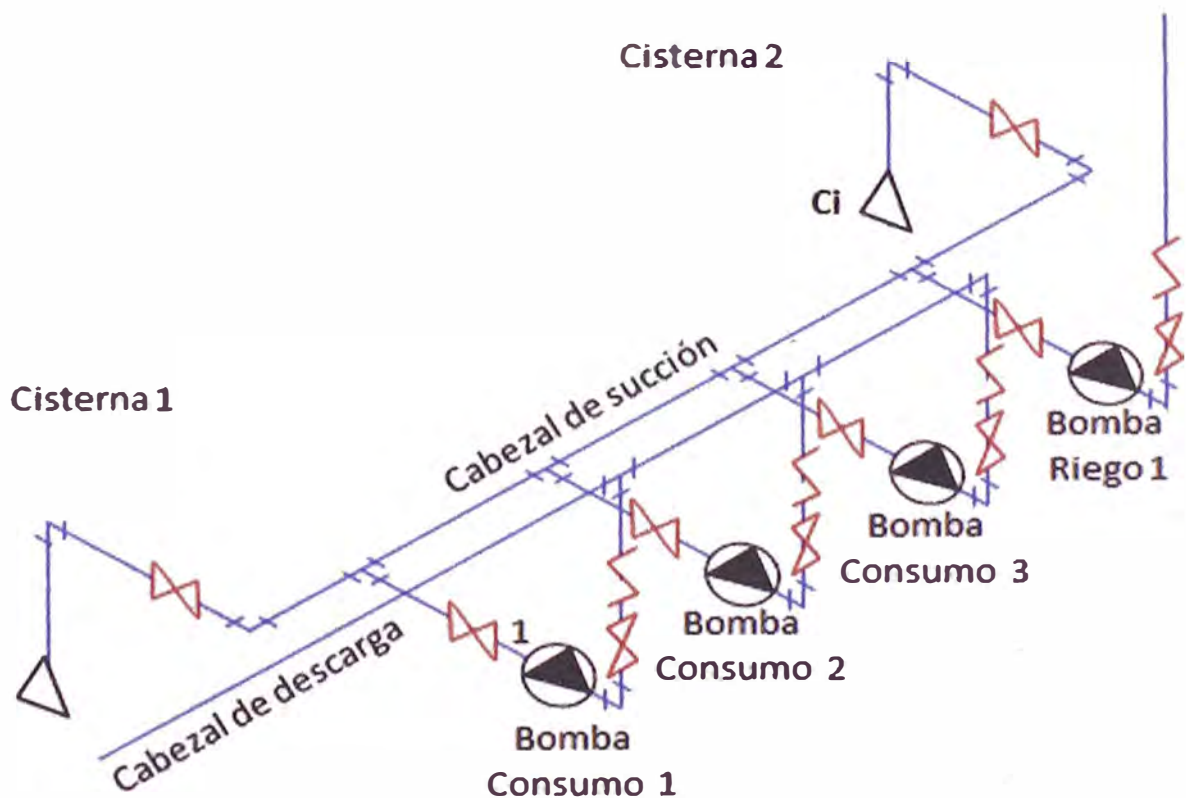


Fig. 4.25 Tubería de succión de las bombas de consumo humano, tramo a-1

Fuente: Elaboración propia.

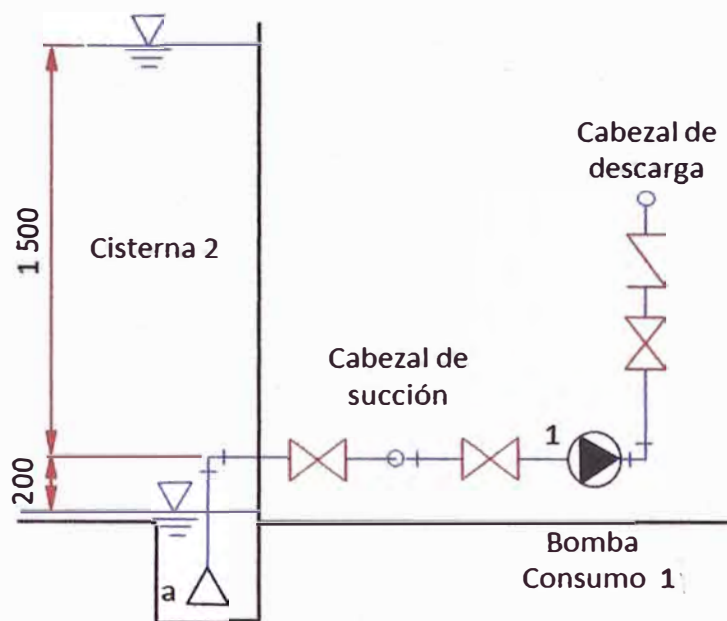


Fig. 4.26 Perfil de tubería de succión de la red de consumo humano y riego

Fuente: Elaboración propia.

Las características principales de la tubería son:

Diámetro	3 pulgadas
Longitud	4 m
Material	Acero
Rugosidad absoluta e	0,003

4.7.1 NSPH disponible

El cálculo de la altura de pérdidas por fricción se realiza de manera similar a los casos anteriores.

Tabla 4.13 Diámetros de tuberías y caudal de tubería de succión

TRAMO	Q (L/s)	D (Pulg)	D (m)	A (m ²)	V (m/s)
a -1	5.75	3	8.15E-02	5.2E-03	1.10

Tabla 4.14 Coeficiente de fricción de las tuberías de sumidero.

TRAMO	D (Pulg)	V (m/s)	e/D	Re	f
a -1	3	1.10	3.68E-05	8.94E+04	0.0165

Tabla 4.15 Altura dinámica total de la tubería de sumidero

TRAMO	D (Pulg)	L (m)	Le (m)	LT (m)	hl (m)	Dz (m)	Hf (m)
a -1	3	4.00	24.49	28.49	0.36	0.20	0.56

La altura de pérdidas por fricción en la tubería es de 0,56 m

$$H_f = 0,56 \text{ m}$$

En la instalación de bomba se tiene:

Altura de la instalación 7 msnm

Temperatura 20 °C

En las tablas se obtienen:

Presión atmosférica Pa = 10,33 m

Peso específico $\gamma = 0.9982 \text{ kg/dm}^3$

Presión de vapor Pv = 0.1238 kg/cm²

La altura en metros de agua equivalente a la presión de vapor resulta:

$$p_v = \frac{10,33 \cdot 0,1283}{0,9982}$$

$$p_v = 1,24 \text{ m}$$

Con la expresión

$$NSPH_{disponible} = P_a \pm P_s - P_f - P_v$$

Entonces reemplazando los valores equivalentes

$$NSPH_{disponible} = 10,33 \pm 0,2 - 0,56 - 1,24$$

$$NSPH_{disponible} = 8,33 \text{ m}$$

4.7.2 NSPH requerido

El NSPH requerido por la bomba es suministrado por los fabricantes. Para la bomba Matix 10-4/1.5 según se ve en la Fig. 4.20 el NSPH es 2.0 m, entonces se cumple que:

$$NSPH_{disponible} = 8,33 > 2,00 = NSPH_{requerido}$$

4.8 Operación del sistema de bombeo

4.8.1 Operación de las bombas

Las bombas alimentan una red que se caracteriza porque requiere mantener una presión constante operando con diferentes caudales. Esto se puede lograr si se varía la velocidad de giro de la bomba. Para determinar esta variación de velocidad aplicando el procedimiento detallado en 2.1.2.

Tabla 4.16 Velocidad de giro de la bomba.

Punto de curva		f	e	d	c	b	a
no	rpm	2850	2850	2850	2850	2850	2850
Qn	L/s	1.25	1.33	1.67	2.00	2.33	2.60
Hn	m	44.2	42.6	41.1	39.1	37.0	34.4
Ho	m	28.93	28.93	28.93	28.93	28.93	28.93
n/no		0.809	0.824	0.839	0.860	0.884	0.917
Punto de operación		G	F	E	D	C	B
Qn	L/s	1.01	1.10	1.40	1.72	2.06	2.38
n	rpm	2306	2349	2391	2451	2520	2614

Del cuadro se obtiene el rango de velocidades de giro de la bomba de velocidad variable que se representan en la Fig. 4.27 la que deberá operar de 2 306 rpm hasta 2 614 rpm. Como se observa, en este caso particular no se llega a operar a la velocidad nominal de 2 850 rpm

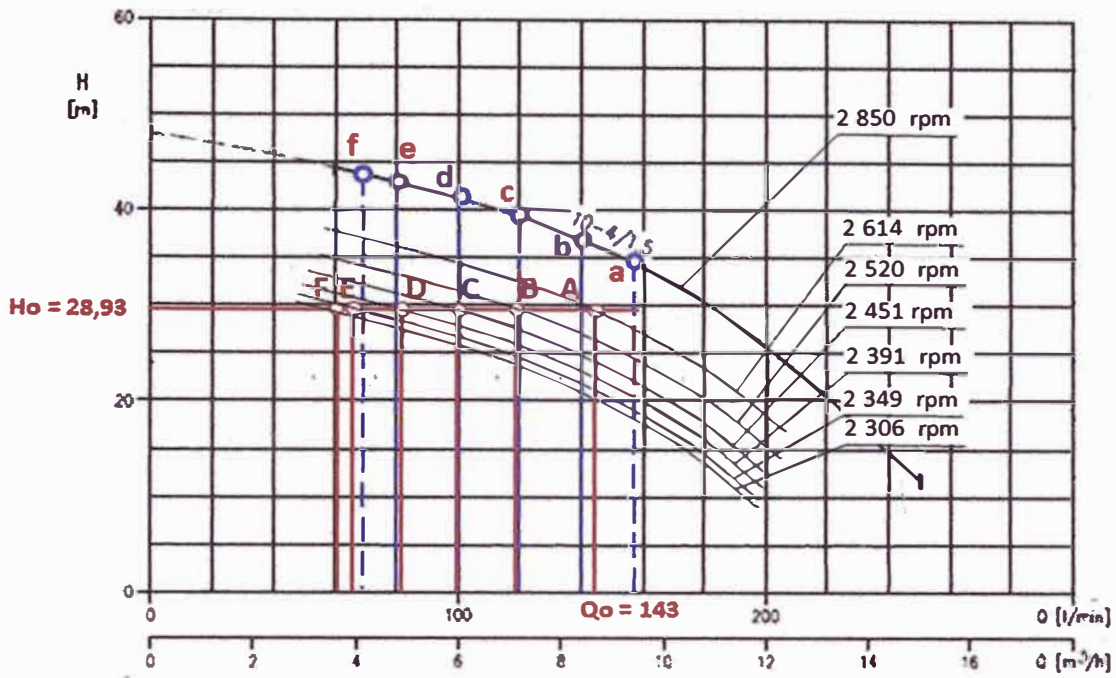


Fig. 4.27 Puntos de operación H, Q regulados y velocidad de la giro de la bomba.

Fuente: Elaboración propia.

Operación de las bombas en paralelo

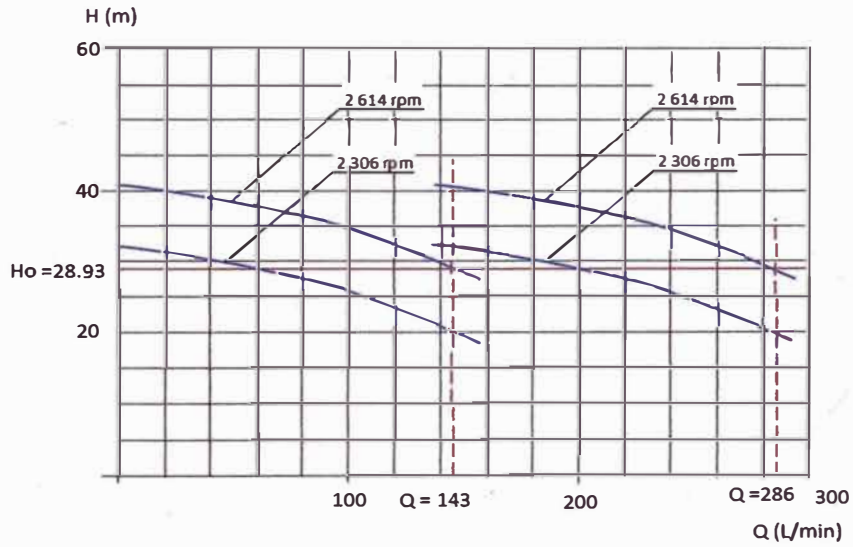


Fig. 4.28 Operación de bombas en paralelo

Fuente: Elaboración propia.

Las bombas tienen un sistema de medición de presión y variación de velocidad del motor eléctrico por frecuencia.

El sistema debe operar manteniendo constante la presión de la bomba, aunque varíe el caudal suministrado.

El punto de medición de presión se ubica en la tubería del lado de descarga de las bombas.

La presión de operación constante de la bomba se toma como presión de referencia.

Si la presión tiene el valor de referencia se mantiene la velocidad de operación de la bomba.

Si la presión medida se reduce entonces el sistema de variación de frecuencias aumenta frecuencia de la corriente de alimentación del motor de la bomba y esta aumenta su velocidad hasta compensar la reducción de presión.

Si la presión medida aumenta el sistema de variación de frecuencias reduce la frecuencia de la corriente de alimentación y se reduce la velocidad de la bomba hasta que se alcanza la presión de referencia.

El ajuste de la presión y la velocidad con el caudal se realiza automáticamente porque la velocidad de giro se varía hasta que se alcanza la presión de referencia.

Pero es necesario determinar el rango de frecuencias entre los que los cuales debe trabajar el variador de frecuencias. El procedimiento se ilustra determinando la velocidad y frecuencia de los puntos C y c de la Fig.4.27 el que se obtiene con el procedimiento detallado 2.1.2 con los resultados siguientes:

Tabla 4.17 Rango de frecuencias de operación del motor eléctrico

Punto de operación		F	E	D	C	B	A
Pares de polos de motor		2	2	2	2	2	2
Frecuencia	Hz	38.4	39.1	39.9	40.9	42.0	43.6

En consecuencia el regulador de velocidad del motor eléctrico debe operar en el rango de frecuencia de 38,4 a 43,6 Hz.

4.8.2 Sistemas de control de operación de electrobombas

El sistema de control de las electrobombas debe contar como mínimo de:

Medición de Presión : de 0 a 35 m de agua
 Variador de frecuencia : de 20 a 60 Hz.

Se selecciona un variador de velocidad:

Marca : VARI-ECO.
 Modelo : GPD VARI ECO SPEED
 Tensión : 3x 380 V
 Frecuencia : 50/60 Hz
 Intensidad : 14 Amperios
 Presión máxima : 35 m de agua
 Protección : IP 55
 Temperatura ambiente : 50 °C
 Temperatura del agua : 40 °C
 Caudal máximo : 25 m³/h

Otras características:

- Transductor de presión interno.
- Sensor de flujo, sistema de análisis periódico de la elasticidad de la red hidráulica, que le permite trabajar con o sin vaso de expansión hidroneumático
- Sistema antihielo.
- Registro de control operacional. Información de horas de trabajo y arranques.
- Registro de alarmas, información en pantallas del tipo y número de alarmas generadas desde su puesta en marcha.

CAPÍTULO 5

COSTOS

5.1 Costos de diseño ingeniería del sistema

El costo de ingeniería del sistema en el que se consideran el dimensionamiento de cisternas, cálculo y selección de tuberías de red de consumo humano, sistema de riego, equipo de succión, análisis de operación del sistema de bombas de velocidad variable y selección de equipos.

Tabla 5.1 Costo de ingeniería

DESCRIPCION	Cant	Unid.	Costo unitario US\$	Costo parcial US\$
Desarrollo de ingeniería por ingeniero proyectista	200	h-h	15	3 000
Elaboración de planos	50	h-h	4	200
Recolección de datos.	1	Glb	200	200
TOTAL				3 400

5.2 Costos de equipos

Se consideran las tuberías, válvulas, bombas y equipo de control de velocidad. Estos equipos son de origen nacional o son fácilmente obtenibles en el mercado local y se han cotizado en el mercado local.

CONCLUSIONES

- 1** El diseño del sistema asegura el suministro de 4,75 L/s para la red de consumo humano que suministra agua a los servicios higiénicos y cocina. Un caudal de 1 L/s para riego de jardines no requiere un suministro confiable porque no es un servicio crítico.
- 2** La alta confiabilidad de suministro de la red para consumo humano se obtuvo utilizando tres bombas cada una con capacidad del 50 % de la demanda, que corresponde a 2,38 L/s, de manera que operando dos de ellas cubran la demanda total de agua y la tercera quede en stand by para reemplazar a cualquiera de ellas en caso de falla. Adicionalmente las bombas se alternan para que el desgaste de ellas sea uniforme.
- 3** Para mantener la presión constante en el sistema de alta confiabilidad se hace necesario que la velocidad de las bombas sea variable , teniendo una velocidad nominal de 3500 rpm , estas deben operar en el rango de 2 306 a 2 614 rpm, con un motor asíncrono de 2 polos de 60 Hz y variación de frecuencia de 38,4 a 43,6 Hz

Tabla 5.2 Costo de equipos

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario US\$	Precio Parcial US\$
Tuberías de PVC				
Tuberías de PVC 1/2" clase 10	uu	14	8	112
Tuberías de PVC 3/4" clase 10	uu	6	8	48
Tuberías de PVC 1" clase 10	uu	7	10	70
Tuberías de PVC 3/4" clase 10	uu	10	10	100
Tuberías de PVC 1.1/4" clase 10	uu	12	12	144
Tuberías de PVC 1.1/2" clase 10	uu	12	12	144
Tuberías de PVC 2" clase 10	uu	14	14	196
Tuberías de PVC 2.1/2" clase 10	uu	20	30	600
Tuberías de acero				
Tuberías de acero 2" clase 10	uu	2	25	50
Tuberías de acero 2.1/2"	uu	2	30	60
Tuberías de acero 3"	uu	1	35	35
Valvula de compuerta de Bronce 3"	uu	2	30	60
Valvula de compuerta de Bronce 2.1	uu	6	25	150
Valvula de compuerta de 2" bronce	uu	20	20	400
Valvula check de 2" bronce	uu	6	25	150
Electrobomba Q= 143 l/min, H=30m , con motor de 2.2 KW- 100L - 3450 rpm y variador de frecuencia de 30	uu	3	2250	6750
Electrobomba Q= 1 L/s , H=13.66m , con motor de 0.37 100L - 3450 rpm	uu	1	500	500
Electrobomba Q= 5.5 L/s , H=10.6m , con motor de 3 KW 100L de 3450	uu	2	600	1200
Otras Valvulas y accesorios	gib			600
TOTAL				11369

5.3 Costo de instalación

El costo de instalación de equipos es de US\$ 1 434.

5.4 Costo total

El costo total es:

DESCRIPCIÓN	COSTO US\$
Costo de Ingeniería	3 400,00
Costo de equipos	11 369,00
Costo de instalación	1 434,00
Costo total	16 203.00 USD

- 4** Se ha previsto en caso de inundación en el cuarto de bombas, producto de fallas en el abastecimiento de las cisternas, un pozo sumidero con 2 bombas sumergibles
- 5** El costo del proyecto es de \$ 16,203.00 USD

RECOMENDACIONES

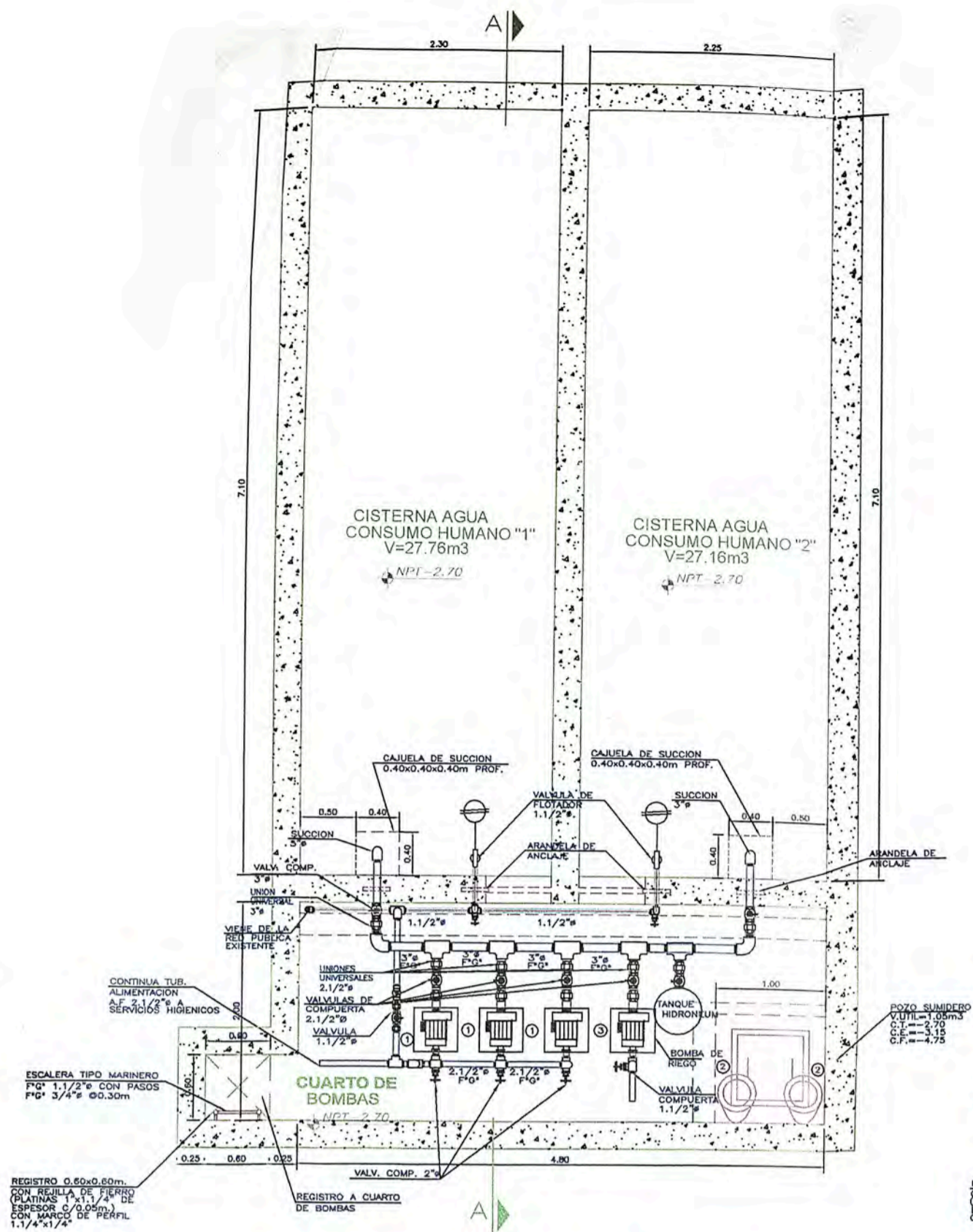
- 1** Se recomienda realizar estudios sobre el reparto del caudal de operación cuando las bombas operan en paralelo, para lo cual sería necesario considerar un sistema de medición de caudal.
- 2** Se recomienda realizar estudios sobre ahorro de energía de las diversas formas posibles en que las bombas en paralelo pueden cubrir la demanda de agua de la red de agua potable.
- 3** Se debe considerar un by pass en la tubería de alimentación a las cisternas, para tener un abastecimiento directo de la red pública al colegio en caso de corte de energía eléctrica por imprevistos; este puede dotar de agua al primer nivel de los edificios de la institución educativa.

BIBLIOGRAFIA

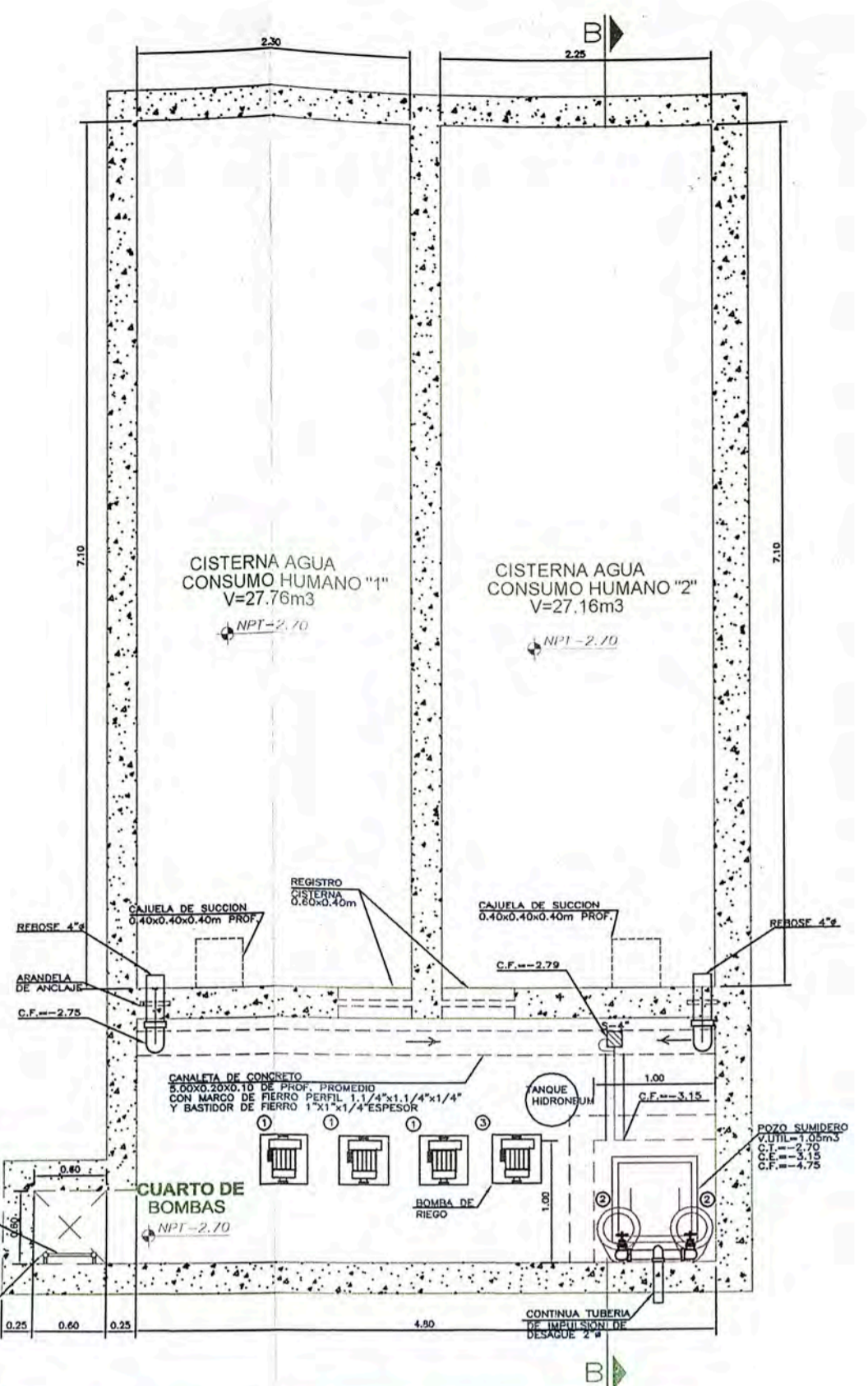
- 1 Streeter, Víctor L. "Mecánica de los fluidos" Mc Graw Hill Cuarta edición 1970 México.
- 2 Mataix, Claudio. "Mecánica de Fluidos y máquinas hidráulicas" Segunda Edición.
- 3 Norma técnica IS 010 "Instalaciones sanitarias"
- 4 WEG "Catálogo Técnico mercado Latinoamericano" W22. Disponible en ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEGw22
- 5 Ebara Pumps Europe. "Matrix Horizontal Multistage pumps"
- 6 Pavco. "Vinduit." Tuberías y conexiones de PVC". Disponible en WWW.Pavco.com.pe/system/brochure
- 7 Harper, Enriques. "Elementos de diseño de instalaciones eléctricas industriales". Ed. Limusa S. A. de C.V. Balderas 95.México D.F.
- 8 Hicks Tyler G. "Bombas, su selección y aplicación. Cía. Editora Continental. CECSA. México.1970

PLANOS

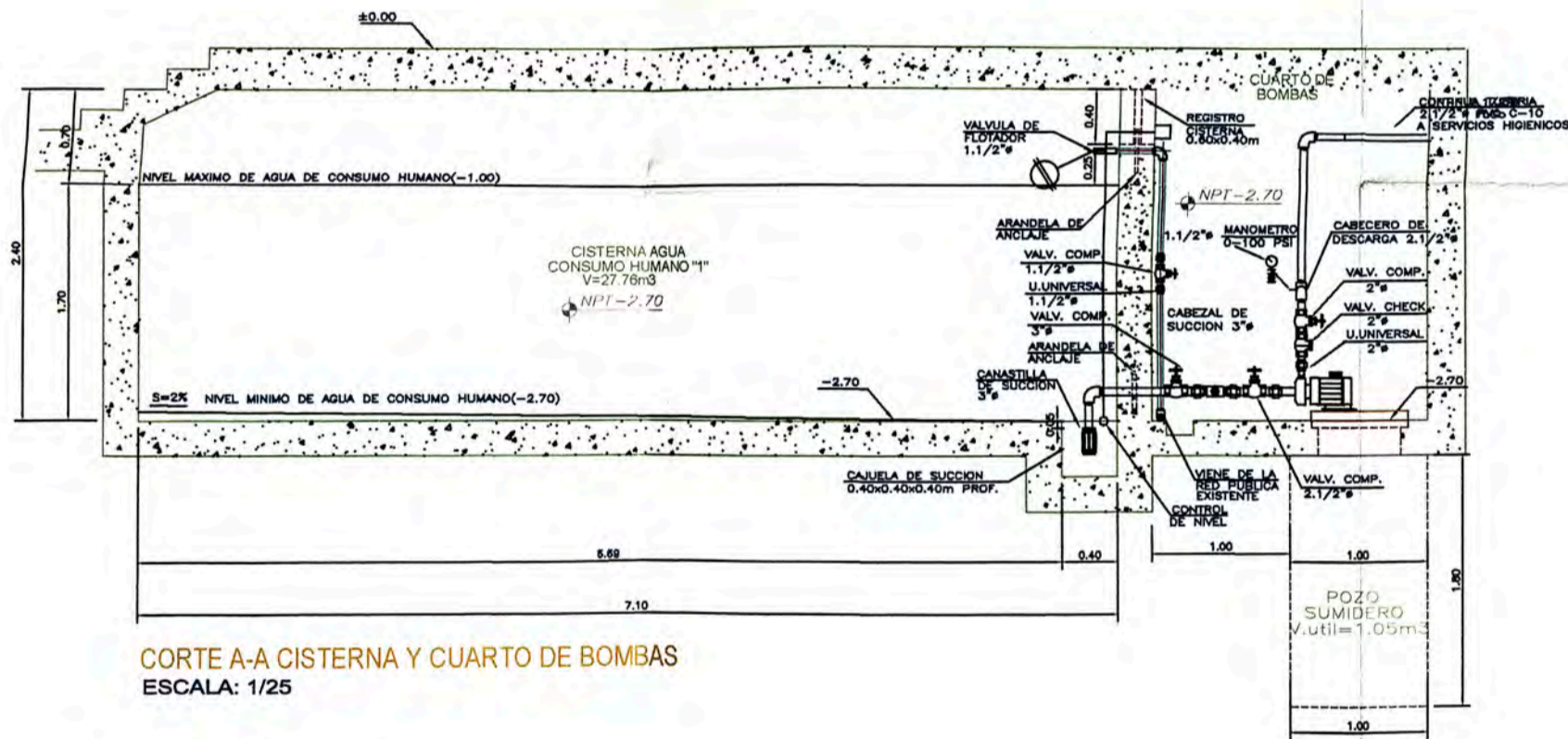
- IM.1 - PLANO CISTERNA Y CUARTO DE BOMBAS - AGUA POTABLE
ESC. 1/125
- IM.2 - PLANO PLANTA PRIMER PISO AGUA POTABLE CENTRO
EDUCATIVO
ESC. 1/ 100
- IM.3 - PLANO PLANTA SEGUNDO PISO AGUA POTABLE
CENTRO EDUCATIVO
ESC. 1/ 100
- IM.4 - PLANO PLANTA TERCER PISO AGUA POTABLE CENTRO
EDUCATIVO
ESC. 1/ 100



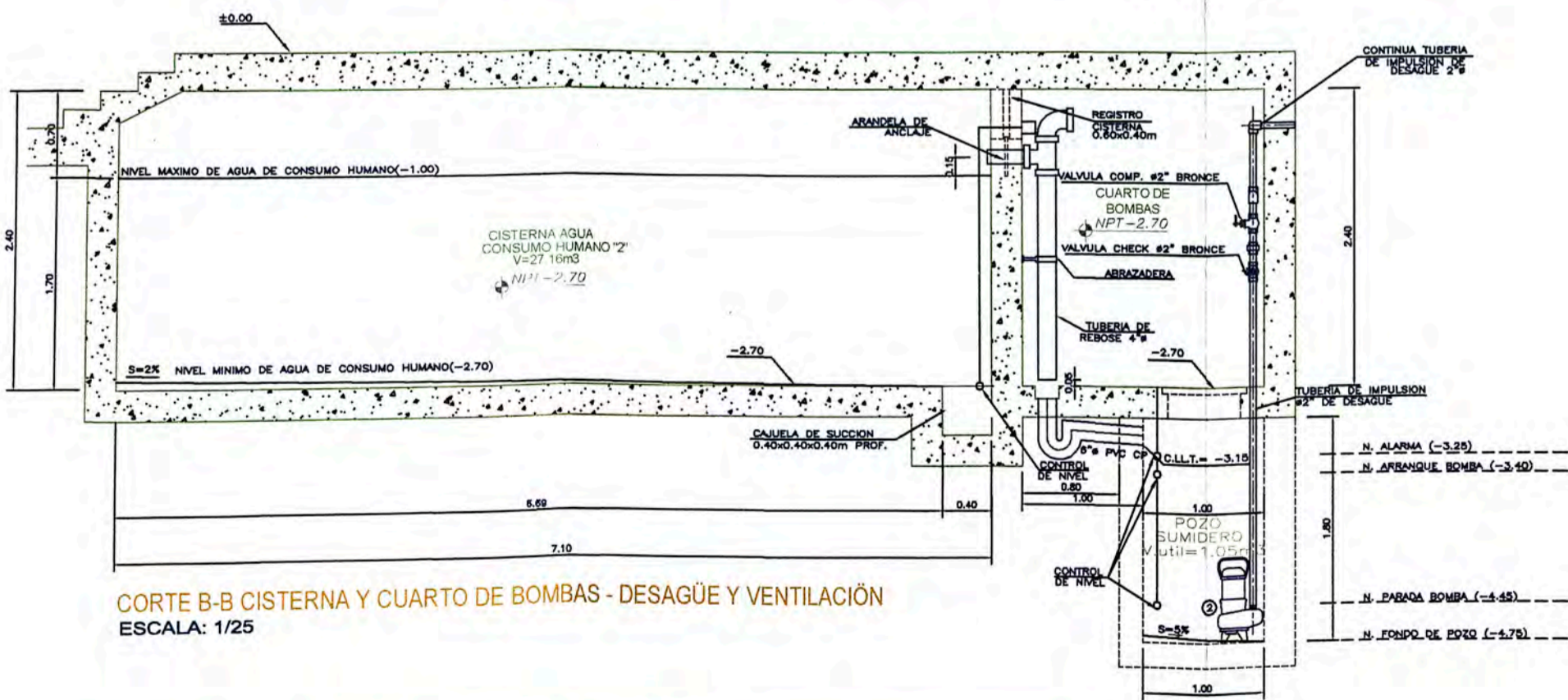
PLANTA CISTERNA Y CUARTO DE BOMBAS - AGUA FRIA
ESC. 1/25



PLANTA CISTERNA Y CUARTO DE BOMBAS - DESAGÜE VENTILACION
ESC. 1/25



CORTE A-A CISTERNA Y CUARTO DE BOMBAS
ESCALA: 1/25



CORTE B-B CISTERNA Y CUARTO DE BOMBAS - DESAGÜE Y VENTILACION
ESCALA: 1/25

CARACTERISTICAS DE ELECTROBOMBA DE PRESION CONSTANTE Y VELOCIDAD VARIABLE PARA RIEGO	
CANTIDAD	: 01 UNIDAD
POSICION DEL EJE	: HORIZONTAL
CAUDAL	: 1 L.P.S.
A.D.T.	: 13.66 mts)
POT. APROX. MOT.	: 0.37KW -3φ-220v-60cps.

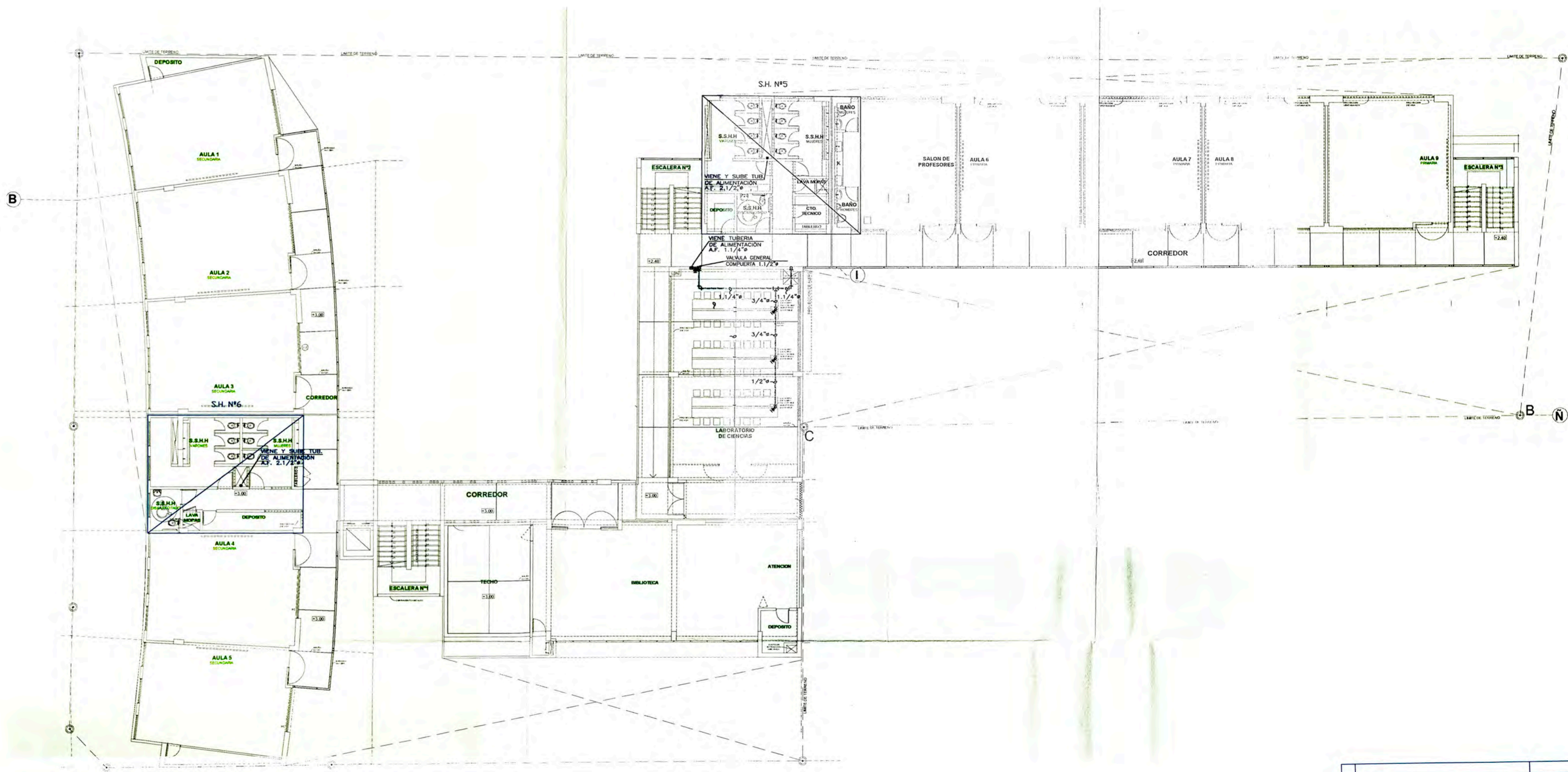
CARACTERISTICAS DE ELECTROBOMBA DE PRESION CONSTANTE Y VELOCIDAD VARIABLE PARA CONSUMO HUMANO	
CANTIDAD	: 03 UNIDADES
POSICION DEL EJE	: HORIZONTAL
CAUDAL	: 2.75 L.P.S.)
A.D.T.	: 28.93 mts)
POT. APROX. MOT.	: 2.2 KW -3φ-220v-60cps.

CARACTERISTICAS DE ELECTROBOMBA PARA POZO SUMIDERO	
TIPO	: SUMERGIBLE
CANTIDAD	: 02 UNIDADES
CAUDAL	: 5.75 L.P.S.)
A.D.T.	: 10.58 mts)
POT. APROX. MOT.	: 1.5 KW -3φ-220v-60cps.

LEYENDA	
①	ELECTROBOMBAS DE AGUA FRIA
②	ELECTROBOMBA SUMIDERO
③	ELECTROBOMBA DE RIEGO

REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR

CENTRO EDUCATIVO			
PROYECTO			
UBICACION	BELLAVISTA-CALLAO		
PROYECTO	SISTEMA DE BOMBEO AGUA-POTABLE		
ESPECIALIDAD	MECANICA		
PLANO	CISTERNA-CUARTO-DE-BOMBAS		



PLANTA 2º PISO - AGUA FRIA

ESC: 1/100

REV.	DESCRIPCION	FECHA	POR

PROPIETARIO	CENTRO EDUCATIVO		
UBICACION	BILIMAN, CANTON		
PROYECTO	SISTEMA AGUA-POTABLE		
ESPECIALIDAD	MECANICA		
PLANO	PLANTA SEGUNDO PISO - AGUA POTABLE		
PROYECTISTA	WILLIAM SUAREZ CORDOVA	REVISOR	F.O.L.L.
ESCALA	1/100	FECHA	15-06-2014

APENDICES

APENDICE A

Tabla 2.1 Diámetros de las tuberías de impulsión
en función del gasto de bombeo

Gasto de bombeo en L/s	Diámetro de la tubería de impulsión (mm)
Hasta 0,50	20 (3/4")
Hasta 1,00	25 (1")
Hasta 1,60	32 (1 1/4")
Hasta 3,00	40 (1 1/2")
Hasta 5,00	50 (2")
Hasta 8,00	65 (2 1/2")
Hasta 15,00	75 (3")
Hasta 25,00	100 (4")

Fuente: Norma técnica IS 010 "Instalaciones sanitarias"

Tabla 2.2 Velocidad máxima del agua según el diámetro de la tubería

Diámetro(mm)	Velocidad máxima(m/s)
15 (1/2")	1,90
20 (3/4")	2,20
25 (1")	2,48
32 (1 1/4")	2,85
40 y mayores (1 1/2" y mayores).	3,00

Fuente: Norma técnica IS 010 "Instalaciones sanitarias"

Tabla 2.3 Factor de incremento de potencia de motor eléctrico
en función de la potencia de la bomba.

Potencia de la bomba	Fc
Menor de 1,5 kW	1,50
De 1,5 kW a 4 kW	1,25
De 4 kW a 7,5 kW	1,20
De 7,5 kW a 40 kW	1,15
Mayor de 40 kW	1,00

Tabla N° 4.18 Unidades de gasto de equipos
según norma ISO 10

EQUIPO	Unidades de gasto
Inodoro	4
Lavatorios	2
Urinario individual	2,5
Urinario colectivo	12
Lava mopas	3
Ducha	4

Fuente: Norma técnica IS 010 "Instalaciones sanitarias"

Tabla 4.20 Caudal en función de las unidades de gasto

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	0,43	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

Tabla 4.20 Caudal en función de las unidades de gasto (continuación)

N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable		N° de unidades	Gasto Probable
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula		
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		
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		

PARA EL NÚMERO DE UNIDADES DE ESTA COLUMNA ES INDIFERENTE QUE LOS APARATOS SEAN DE TANQUE O DE VÁLVULA

NOTA: Los gastos están dados en L/s y corresponden a un ajuste de la tabla original del Método de Hunter.

Tabla 4.21

	Gravedad específica σ_g	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
Acetona	0.787	7.72	787	3.16×10^{-4}	4.02×10^{-7}
Alcohol etílico	0.787	7.72	787	1.00×10^{-3}	1.27×10^{-6}
Alcohol metílico	0.789	7.74	789	5.60×10^{-4}	7.10×10^{-7}
Alcohol propílico	0.802	7.87	802	1.92×10^{-3}	2.39×10^{-6}
Amoníaco hidratado (25%)	0.910	8.93	910	—	—
Benceno	0.876	8.59	876	6.03×10^{-4}	6.88×10^{-7}
Tetracloruro de carbono	1.590	15.60	1.590	9.10×10^{-4}	5.72×10^{-7}
Aceite de ricino	0.960	9.42	960	6.51×10^{-3}	6.78×10^{-6}
Etilenglicol	1.100	10.79	1.100	1.62×10^{-2}	1.47×10^{-5}
Gasolina	0.68	6.67	680	2.87×10^{-4}	4.22×10^{-7}
Glicerina	1.258	12.34	1.258	9.60×10^{-1}	7.63×10^{-4}
Queroseno	0.823	8.07	823	1.64×10^{-3}	1.99×10^{-6}
Aceite de linaza	0.930	9.12	930	3.31×10^{-2}	3.56×10^{-5}
Mercurio	13.54	132.8	13.540	1.53×10^{-1}	1.13×10^{-7}

Tabla 4.22 Rugosidad absoluta de materiales

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Tabla 4.23 Rugosidad de tuberías usuales

Material	ϵ (mm)
Acero Remachado	1 – 10
Concreto	0,3 – 3
Hierro Fundido	0,26
Hierro Galvanizado	0,15
Acero Comercial	0,045

APENDICE B

TUBOS AGUA DE ACERO COLMENA NIC 505-001

SUMINISTROS

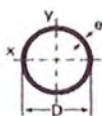
Los tubos se suministran negros o galvanizados, con o sin rosca de acuerdo con las dimensiones de la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL NPS (Pulg.)	DIAMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR PARED (Pulg.)	PESO TUBO 6 M.	
			Negro (Kg)	Galvanizado con Rosca (Kg)
1/4	0.530	0.070	3.070	3.177
3/8	0.666	0.070	3.978	4.122
1/2	0.815	0.080	5.607	5.186
3/4	1.028	0.080	7.231	7.469
1	1.315	0.098	11.378	11.680
1 1/4	1.663	0.098	14.632	15.028
1 1/2	1.900	0.105	17.981	18.437
2	2.360	0.116	24.833	25.408
2 1/2	2.850	0.133	33.239	33.939
3	3.474	0.133	40.859	41.728
4	4.468	0.150	58.204	59.334

*Peso teórico calculado a 6.00 m. de longitud, no incluye peso de la unión.

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

Longitud:	-1/2" - 2"
Diámetro exterior:	+/- 0.010"
Espesor de la pared:	+/- 10%



DIMENSIÓN Size D	ESPESOR Thickness t	PESO Weight	AREA DE LA SECCIÓN Sectional Area	MOMENTO DE INERCIA Moment of Inertia	MÓDULO DE INERCIA Flex. Modulus	RADIO DE GIRE Gyration Ra
Inches	mm	lb/ft	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm
2"	0.80	0.985	1.257	4.001	1.575	1.784
	0.90	1.108	1.411	4.475	1.762	1.781
	1.10	1.348	1.718	5.404	2.218	1.774
	1.20	1.468	1.870	5.861	2.307	1.770
	1.60	1.941	2.473	7.630	3.004	1.757
	2.00	2.407	3.086	9.313	3.668	1.743
2 1/4"	2.50	2.978	3.793	11.298	4.448	1.726
	3.20	3.756	4.785	13.867	5.460	1.702
	0.90	1.248	1.590	6.409	2.743	2.007
	1.10	1.521	1.937	7.751	2.712	2.000
	1.20	1.656	2.109	8.411	2.943	1.997
	1.60	2.192	2.792	10.980	3.842	1.983
2 1/2"	2.00	2.720	3.465	13.437	4.702	1.969
	2.50	3.369	4.297	16.356	5.724	1.952
	3.20	4.759	6.062	28.144	8.864	2.155
	4.00	5.869	7.477	33.858	10.663	2.128
	4.75	6.882	8.767	38.760	12.214	2.103
	0.90	1.671	2.120	15.737	4.035	2.667
3"	1.20	2.220	2.827	20.255	5.318	2.677
	1.60	2.944	3.750	26.583	6.977	2.663
	2.00	3.660	4.662	32.705	8.584	2.649

APENDICE C

- Osborne Reynolds fue el primero en demostrar que es posible pronosticar el flujo laminar o turbulento si se conoce la magnitud de un número adimensional, al que se le denominara número de Reynolds (N_R).
- La siguiente ecuación muestra la definición básica del número de Reynolds.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta}$$

- Donde
 - ρ = densidad del fluido
 - η = su viscosidad
 - D = el diámetro del tubo
 - v = velocidad promedio del flujo
-
- Es posible demostrar que el número de Reynolds es adimensional, con la sustitución de las unidades estándar del SI en la ecuación.

$$N_R = \frac{vD\rho}{\eta} = v \times D \times \rho \times \frac{1}{\eta}$$

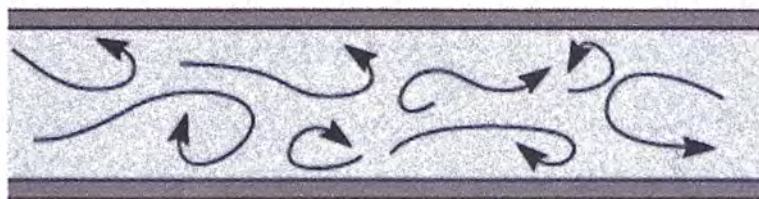
$$N_R = \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \text{m} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{\text{m}\cdot\text{s}}{\text{kg}}$$

- Debido a que todas las unidades se cancelan N_R es adimensional.

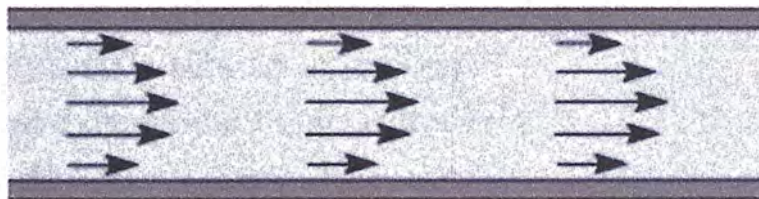
IX

- El número de Reynolds es la relación de la fuerza de inercia sobre un elemento de fluido de la fuerza viscosa.
- La fuerza de inercia se desarrolla a partir de la segunda ley del movimiento de Newton $F=ma$.
- Como se sabe, la fuerza viscosa se relaciona con el producto del esfuerzo cortante por el área.
- Aquellos fluidos con viscosidad alta y/ que se muevan a velocidades bajas tendrán números de Reynolds bajos y tenderán a comportarse en forma laminar.

Turbulent



Laminar



- Para aplicaciones prácticas del flujo en tuberías, encontramos que si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, este será laminar.
- Si el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo será turbulento.
- En el rango de números de Reynolds entre 2000 y 4000 es imposible predecir que flujo existe; por tanto le denominaremos región crítica.
- Si $NR < 2000$, el flujo es laminar
- Si $NR > 4000$, el flujo es turbulento








ECUACIÓN DE DARCY

- Una componente de la pérdida de energía es la fricción en el fluido que circula.
- Para el caso del flujo en tuberías y tubos, la fricción es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente.
- Esto se expresa en forma matemática como la ecuación de Darcy

$$hL = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

- Donde
- hL = Pérdida de energía debido a la fricción (N*m/N, m, lb-pie/lb o pies)
- L = Longitud de la corriente del flujo (m o pies)
- D = Diámetro de la tubería (m o pies)
- v = Velocidad promedio del flujo (m/s o pies/s)
- f = Factor de fricción (adimensional)
- $f = \frac{64}{N_R}$

UNA VALVULA DE PIE PUEDE SER DESPRECIADA SI SU SECCION DE PASAJE ESTA BIEN DIMENSIONADA

Diámetro nominal de los caños normales								
mm	Pulg.	TE NORMAL CON SALIDA LATERAL	CODO 45°	CODO 180°	ENSANCHAMIENTO BRUSCO	CONTRACCION BRUSCA	ENTRADA ORDINARIA	ENTRADA DE BORDA
12	1/2	1	0,24	1,09	0,3	0,18	0,27	0,49
19	3/4	1,37	0,3	1,52	0,45	0,24	0,4	0,61
25	1	1,74	0,4	1,83	0,52	0,3	0,46	0,76
32	1 1/4	2,32	0,51	2,53	0,7	0,4	0,61	1,04
38	1 1/2	2,74	0,61	3,05	0,82	0,45	0,73	1,22
51	2	3,66	0,76	3,96	1,07	0,58	0,91	1,52
63	2 1/2	4,27	0,92	4,58	1,28	0,67	1,1	1,83
76	3	5,18	1,16	5,49	1,59	0,85	1,37	2,38
102	4	6,71	1,52	7,32	2,14	1,16	1,83	3,26
127	5	8,24	1,92	9,46	2,74	1,43	2,29	4,12
152	6	10	2,29	11,28	3,36	1,77	2,74	4,7
203	8	13,12	3,05	15,55	4,27	2,29	3,96	6,07
254	10	16,16	3,96	18,6	5,18	3,05	4,58	7,47
305	12	20,74	4,58	22,57	6,1	3,66	5,49	9,09
356	14	23,79	5,18	25,92	7,32	3,96	6,1	10,64
406	16	26,84	5,8	30,5	8,24	4,58	7,02	12,2



Grifería Temporizada

Soluciones de ahorro para zonas públicas

Precios especiales para Empresas e Instaladores



La Grifería Temporizada permite el **cierre automático del paso del agua**, después de unos segundos prefijados. Pulsando una vez el botón pulsador del grifo o ducha, es suficiente para activar la salida de agua.

Evita el olvido de grifos abiertos o mal cerrados, sugiriendo un consumo breve y moderado del agua.

Más higiene al no tener que tocar el grifo después del lavado.

Ideal para gimnasios, zonas deportivas, campings, hospitales, clínicas, residencias de gente mayor, colegios, institutos, instalaciones industriales, talleres, restaurantes, bares, hostales y albergues de gente joven, zonas comunes y públicas.

Distribuimos nuevos modelos ecológicos en grifos temporizados con filtro de agua reductor.

Disponibilidad de modelos con aireador independiente que permiten la colocación de economizadores de agua para doble ahorro.

Pedales para activación y cierre de grifos de lavabo y cocina

Fluxores mecánicos y electrónicos para baños de uso público

Novedad: Grifos electrónicos temporizados para duchas, lavabos y urinarios. Tiempo programable y precisión mediante electroválvula. Máxima Higiene.

Grifería Temporizada - Control del agua asegurado!

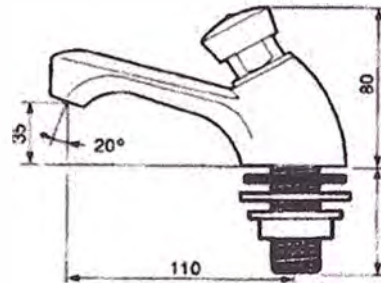
Doble ahorro de agua con los nuevos modelos:

. Control del tiempo de uso

. Caudal ecológico reducido

PRESTO IBERICA - Nueva Serie ECO - ARTE - Aplicación lavabos y repisa

Ahorro de agua del 60% al 77% respecto a modelos anteriores



COMPARACIONES

Gran ahorro de agua en lavabos y fregaderos: Un grifo abierto durante 6 minutos a 3 bar de presión entrega 95 litros de agua

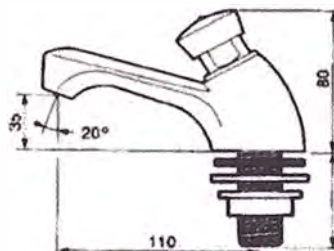
Los nuevos modelos de grifos temporizados, en 6 pulsaciones entregan solamente 2 a 4 litros!

Gran ahorro de agua y energía en duchas: Una ducha corta de 6 minutos a 3 bar de presión entrega 100 litros de agua

Los nuevos modelos de ducha temporizada en 3 pulsaciones solo entregan 15 litros!

PRESTO IBERICA - Nueva Serie ECO - ARTE - Aplicación lavabos y repisa

Ahorro de agua del 60% al 77% respecto a modelos anteriores



SERIE 605 ECO

Grifo temporizado con tecnología Presto, de un agua, para fijación sobre repisa y aplicación en lavabos individuales

Características

- Con aireador
- Entrada macho 1/2"
- Apertura por pulsador
- Cabeza intercambiable que comprende todo el mecanismo del grifo, cuerpo y pulsador de latón cromado, piezas interiores en materiales resistentes a la corrosión y a las incrustaciones calcáreas.
- Suministrado con arandela, junta y tuerca de fijación.

PRESTO 605 PN ECO	PRESTO 605 PS ECO	PRESTO 605 PA ECO
<i>Grifo temporizado de instalación sobre repisa.</i>	<i>Grifo temporizado de instalación sobre repisa con sistema de pulsación suave que permite la apertura del grifo con menor esfuerzo.</i>	<i>Grifo temporizado de instalación sobre repisa que incorpora sistema antibloqueo que impide la salida continua del agua mediante el cierre instantáneo en caso de bloqueo voluntario del pulsador.</i>
Cuerpo de latón cromado	Cuerpo de latón cromado	Cuerpo de latón cromado
Caudal: 2 l/min independiente de la presión	Caudal: 2 l/min independiente de la presión	Caudal: 2 l/min independiente de la presión
Cierre automático a los 10±2s	Cierre automático a los 10±2s	Cierre automático a los 10±2s
Consumo: 0,33l por cada uso	Consumo: 0,33l por cada uso	Consumo: 0,33l por cada uso
Ahorro respecto a Presto 605 77%	Ahorro respecto a Presto 605 77%	Ahorro respecto a Presto 605 77%
Distintivo Azul - Agua fría Ref.: 10601	Distintivo Azul - Agua fría Ref.: 10532	Distintivo Azul - Agua fría Ref.: 10612
Distintivo Rojo-Agua caliente Ref.: 10621	Distintivo Rojo-Agua caliente Ref.: 10533	Distintivo Rojo-Agua caliente Ref.: 10613

W22 - IE2 High Efficiency - 60 Hz



Potencia		Carcasa	Par nominal (kgfm)	Corriente con rotor trabado I _L /I _N	Par con rotor trabado T _L /T _N	Par máximo T _b /T _N	Momento de inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB(A)	220 V						Comando nominal I _n (A)	
								Calefante	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia			
													50	75	100	50	75		100
kW	HP																		
II Polos																			
0.12	0.16	63	0.034	5.5	3.1	3.2	0.0001	25	55	5.2	56	3400	69.0	57.5	61.5	0.50	0.61	0.70	0.732
0.18	0.25	63	0.052	5.3	2.7	2.7	0.0001	19	42	5.7	56	3350	58.0	63.0	65.0	0.57	0.70	0.79	0.920
0.25	0.33	63	0.073	5.2	2.9	2.8	0.0001	18	40	6.2	56	3340	62.0	66.0	67.0	0.57	0.71	0.80	1.22
0.37	0.5	63	0.107	6.0	2.7	2.7	0.0002	8	18	7.7	56	3370	64.0	68.0	69.0	0.58	0.71	0.80	1.73
0.55	0.75	71	0.159	5.8	2.6	2.7	0.0003	14	31	8.5	60	3370	69.0	73.0	73.0	0.63	0.79	0.86	2.30
0.75	1	71	0.214	6.8	3.3	3.3	0.0005	14	31	8.5	60	3420	75.0	75.5	75.5	0.64	0.76	0.84	3.16
1.1	1.5	80	0.314	7.4	3.4	3.3	0.0008	17	37	13.5	62	3415	79.0	82.0	82.6	0.66	0.78	0.84	4.16
1.5	2	80	0.432	6.9	3.2	3.1	0.0009	13	29	14.5	62	3385	81.0	83.2	84.0	0.66	0.79	0.85	5.51
2.2	3	90S	0.621	7.4	2.9	3	0.0020	10	22	18.5	68	3450	84.6	85.5	85.5	0.66	0.78	0.84	8.04
3	4	90L	0.847	7.4	3	3.1	0.0025	8	18	23.5	68	3450	85.0	85.5	85.5	0.66	0.78	0.84	11.0
3.7	5	100L	1.03	8.8	3.2	3.6	0.0064	12	26	32.0	71	3500	84.2	86.7	87.6	0.71	0.82	0.87	12.7
4.5	6	112M	1.26	7.2	2.2	3	0.0070	19	42	38.5	69	3480	86.8	88.0	88.5	0.76	0.85	0.89	15.0
5.5	7.5	112M	1.53	8.3	2.9	3.5	0.0081	12	26	40.0	69	3485	86.5	88.2	88.7	0.71	0.82	0.87	18.7
7.5	10	132S	2.08	7.2	2.2	2.9	0.0198	17	37	63.0	72	3515	88.0	89.4	89.6	0.75	0.84	0.88	25.0
9.2	12.5	132M	2.55	7.5	2.3	2.9	0.0234	15	33	70.0	72	3515	89.2	90.2	90.2	0.77	0.85	0.89	30.0
11	15	132M	3.04	8.3	2.6	3	0.0270	12	26	74.0	72	3520	89.6	90.5	90.5	0.75	0.84	0.88	36.2
15	20	160M	4.14	6.6	2	2.8	0.0426	12	26	104	72	3530	90.0	90.8	90.8	0.74	0.83	0.87	49.6
18.5	26	160M	5.10	6.6	2.1	2.9	0.0517	9	20	111	72	3530	91.0	91.5	91.5	0.74	0.83	0.87	61.0
22	30	160L	6.06	7.5	2.4	3	0.0526	8	18	124	72	3535	91.0	91.5	91.5	0.74	0.83	0.87	72.8
30	40	200M	8.23	6.4	2.1	2.4	0.1704	18	40	213	74	3550	91.5	92.4	92.4	0.74	0.83	0.86	93.0
37	50	200L	10.1	7.2	2.4	2.6	0.1788	14	31	232	74	3555	92.0	92.4	92.4	0.75	0.83	0.86	122
45	60	225S-M	12.3	7.8	2.2	2.9	0.2359	12	26	360	79	3560	91.8	93.0	93.5	0.78	0.86	0.89	142
55	75	225S-M	15.0	7.8	2.4	2.9	0.2752	12	26	380	79	3560	92.6	93.5	93.5	0.80	0.87	0.90	172
75	100	250S-M	20.5	7.7	2.6	2.7	0.3905	12	25	452	79	3560	93.1	93.6	93.6	0.79	0.86	0.88	238
90	125	280S-M	24.5	7.7	2	2.9	0.8991	20	44	850	81	3575	92.8	94.3	94.6	0.76	0.85	0.88	284
110	150	280S-M	30.0	7.5	2	2.7	1.03	15	33	682	81	3575	93.5	94.5	94.8	0.80	0.86	0.89	342
132	180	315S-M	35.9	7.6	2	2.8	1.60	20	44	879	81	3580	93.0	94.5	95.0	0.76	0.84	0.87	420
150	200	315S-M	40.8	7.9	2.1	2.9	1.88	15	33	931	81	3580	93.5	94.8	95.2	0.77	0.85	0.88	470
185	250	315S-M	50.3	7.9	2.2	2.8	2.24	16	35	1011	81	3660	94.8	95.3	95.6	0.80	0.87	0.89	570
200	270	355M-L	54.3	8.0	1.6	2.6	3.45	24	53	1376	84	3585	94.5	95.6	95.6	0.80	0.87	0.90	610
220	300	355M-L	59.8	8.2	1.8	2.9	3.56	18	40	1422	84	3585	94.8	95.6	95.6	0.81	0.88	0.90	672
260	350	355M-L	70.6	8.0	2	2.7	4.08	26	57	1534	84	3585	95.2	95.6	95.6	0.85	0.90	0.91	784
300	400	355M-L	81.5	8.0	2.1	2.6	4.83	22	48	1655	84	3585	95.4	95.6	95.6	0.87	0.91	0.92	896
330	450	355M-L	89.7	8.0	2	2.6	5.36	22	48	1753	84	3585	95.5	95.6	95.6	0.87	0.91	0.92	984
370	500	355M-L	101	8.4	2	2.8	6.01	15	33	1853	84	3585	95.6	96.1	96.2	0.87	0.91	0.92	1100
400	550	355M-L	109	8.4	2.3	2.8	6.01	15	33	1869	84	3585	95.7	96.2	96.3	0.84	0.89	0.91	1200
440	600	355A-B	120	7.8	2.5	2.9	6.54	28	62	2000	89	3585	96.0	96.5	96.5	0.84	0.89	0.90	1360
480	650	355A-B	130	8.0	2.3	2.6	7.40	48	106	2102	89	3585	96.1	96.6	96.6	0.86	0.90	0.91	1430
515	700	355A-B*	140	7.6	2.3	2.6	7.72	28	62	2179	89	3585	96.2	96.6	96.6	0.86	0.90	0.91	1540
High-output design																			
9.2	12.5	132S	2.55	7.5	2.3	2.9	0.0234	15	33	70.0	72	3515	89.2	90.2	90.2	0.77	0.85	0.89	30.0
37	50	200M	10.1	7.2	2.4	2.6	0.1788	14	31	232	74	3555	92.0	92.4	92.4	0.75	0.83	0.86	122
45	60	200L	12.3	5.8	2.3	2.6	0.1945	12	26	255	74	3555	92.8	93.5	93.5	0.75	0.84	0.87	145
132	180	280S-M	36.0	7.5	2	2.6	1.21	16	35	733	81	3575	94.0	94.8	95.0	0.83	0.88	0.90	408
150	200	280S-M	40.8	7.6	2.1	2.6	1.34	17	37	773	81	3575	94.5	95.0	95.2	0.84	0.89	0.90	460

$$hL = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

- Donde
- hL = Perdida de energía debido a la fricción (N*m/N, m, lb-pie/lb o pies)
- L = Longitud de la corriente del flujo (m o pies)
- D = Diámetro de la tubería (m o pies)
- v = Velocidad promedio del flujo (m/s o pies/s)
- f = Factor de fricción (adimensional)
- $f = \frac{64}{N_R}$

	Gravedad específica sg	Peso específico γ (kN/m ³)	Densidad ρ (kg/m ³)	Viscosidad dinámica η (Pa·s)	Viscosidad cinemática ν (m ² /s)
Acetona	0.787	7.72	787	3.16×10^{-4}	4.02×10^{-7}
Alcohol etílico	0.787	7.72	787	1.00×10^{-3}	1.27×10^{-6}
Alcohol metílico	0.789	7.74	789	5.60×10^{-4}	7.10×10^{-7}
Alcohol propílico	0.802	7.87	802	1.92×10^{-3}	2.39×10^{-6}
Amoniaco hidratado (25%)	0.910	8.93	910	—	—
Benceno	0.876	8.59	876	6.03×10^{-4}	6.88×10^{-7}
Tetracloruro de carbono	1.590	15.60	1590	9.10×10^{-4}	5.72×10^{-7}
Aceite de ricino	0.960	9.42	960	6.51×10^{-1}	6.78×10^{-4}
Etilenglicol	1.100	10.79	1100	1.62×10^{-2}	1.47×10^{-5}
Gasolina	0.68	6.67	680	2.87×10^{-4}	4.22×10^{-7}
Glicerina	1.258	12.34	1258	9.60×10^{-1}	7.63×10^{-4}
Queroseno	0.823	8.07	823	1.64×10^{-1}	1.99×10^{-6}
Aceite de linaza	0.930	9.12	930	3.31×10^{-2}	3.56×10^{-5}
Mercurio	13.54	132.8	13540	1.53×10^{-1}	1.13×10^{-7}

8.2. NORMALIZACIÓN EN INSTALACIONES DE FLUIDOS.

Todos los aparatos que se emplean en las instalaciones de fluidos se representan por símbolos normalizados.

DIN

Válvulas y accesorios	DIN 2429
Curvas, derivaciones, codos	DIN 2430
Bridas diversas	DIN 2631 a 2636
Tubos	DIN 2410,2401,2402
Colores de tuberías	DIN 2403

UNE

Comisión técnica 19 se encarga de normalizar las medidas de "tubos, bridas, válvulas y accesorios"

Para su dibujo tenemos:

UNE 1062 Signos convencionales para tuberías

UNE 1063 Colores de tuberías en dibujos e instalaciones

ISO

Comisión nº 5 se ocupa de tuberías y fittings.

ISO/R 1219- 1270 Representación simbólica de aparatos hidroneumáticos y neumáticos.

ANSI (Normas americanas)

Muy importantes en industria Química y Petroquímica. .

Comisión B 16 "Pipe Flanges and Fittings"

Diagramas hidráulicos ANSI-Y 14.17

Símbolos gráficos ANSI-Y 32.10,32.11,32.2.3 32.2.4

Para instalaciones de plantas químicas existen además los símbolos de los aparatos químicos normalizados por: DIN, ANSI-Y32-11.

En la redacción de Proyectos oficiales hay que tener en cuenta además de las normas citadas, los reglamentos.

Citemos algunos:

NTE- IGL/1973 - Instalación de gases licuados

Orden del 29-III-73 - Instalación de gases en edificios

NTE- IDG/1973 - Instalación de depósitos de gas

Decreto del 16-VIII-69 - Reglamento de recipientes a presión.

TUBOS AGUA DE ACERO COLMENA NIC 505-001

SUMINISTROS

Los tubos se suministran negros o galvanizados, con o sin rosca de acuerdo con las dimensiones de la siguiente tabla:

DIAMETRO NOMINAL NPS (Pulg.)	DIAMETRO EXTERIOR (Pulg.)	ESPESOR PARED (Pulg.)	PESO TUBO 6 M.	
			Negro (Kg)	Galvanizado con Rosca (Kg)
1/4	0.530	0.070	3.070	3.177
3/8	0.666	0.070	3.978	4.122
1/2	0.815	0.080	5.607	5.186
3/4	1.028	0.080	7.231	7.469
1	1.315	0.098	11.378	11.680
1 1/4	1.663	0.098	14.632	15.028
1 1/2	1.900	0.105	17.981	18.437
2	2.360	0.116	24.833	25.408
2 1/2	2.850	0.133	33.239	33.939
3	3.474	0.133	40.859	41.728
4	4.468	0.150	58.204	59.334

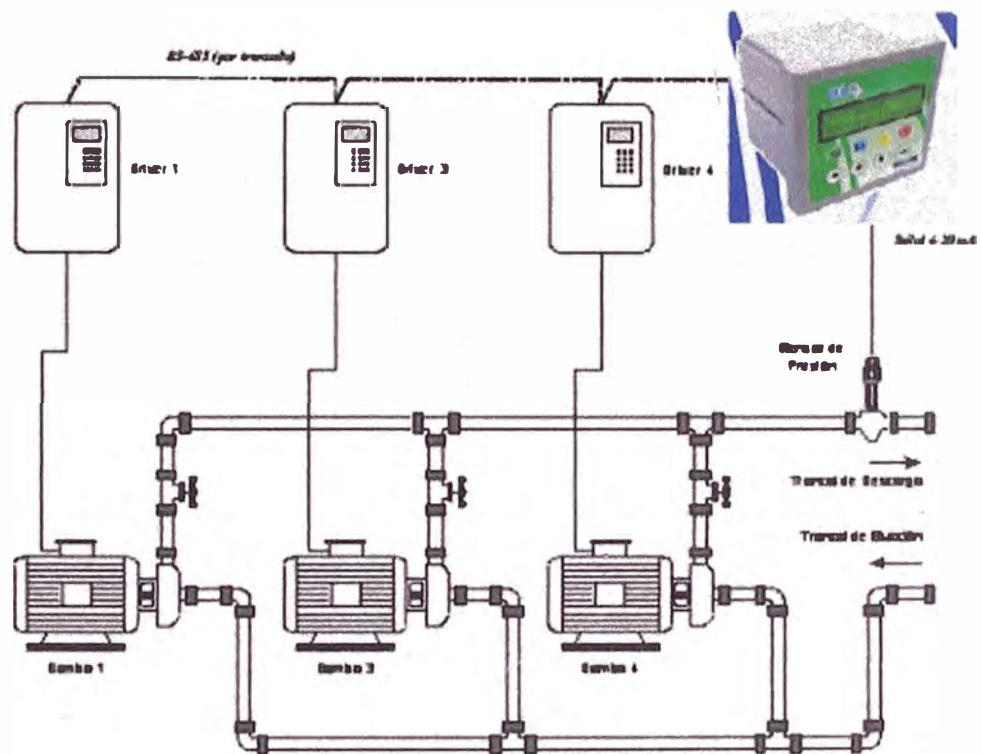
*Peso teórico calculado a 6.00 m. de longitud, no incluye peso de la unión.

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

Longitud:	-1/2" - 2"
Diámetro exterior:	+/- 0.010"
Espesor de la pared:	+/- 10%

FIGURA 4.1 PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA

2.2 Control DLC + CVV.



El control modelo DLC + CVV marca Microelectronics, controla el caudal de descarga en función del gasto o la presión a través de la regulación de velocidad en las bombas por medio de inversor o variador de velocidad, lo que hace posible el total control del sistema.

TENSIÓN DEL VAPOR Y PESO ESPECÍFICO DEL AGUA SEGÚN TEMPERATURAS

t °C	T _v Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	t °C	T _v Kg/cm ²	γ Kg/dm ³	t °C	T _v Kg/cm ²	γ Kg/dm ³
0	0,0062	0.9998	84	0.5667	0.9693	135	3.192	0.9305
5	0,0089	1.0000	86	0.6129	0.9680	140	3.685	0.9260
10	0,0125	0.9996	88	0.6623	0.9667	145	4.237	0.9216
15	0.0174	0.9990	90	0.7149	0.9653	150	4.854	0.9169
20	0.1238	0.9982	92	0.7710	0.9640	155	5.540	0.9121
25	0.0323	0.9970	94	0.8307	0.9625	160	6.302	0.9073
30	0.0432	0.9955	96	0.8942	0.9611	165	7.146	0.9023
35	0.0573	0.9939	98	0.9616	0.9596	170	8.076	0.8973
40	0.0752	0.9921	100	1.0332	0.9583	175	9.101	0.8920
45	0.0977	0.9900	102	1.1092	0.9568	180	10.225	0.8867
50	0.1258	0.9880	104	1.1898	0.9554	185	11.456	0.8814
55	0.1605	0.9857	106	1.2751	0.9540	190	12.800	0.8760
60	0.2031	0.9831	108	1.3654	0.9525	195	14.265	0.8703
62	0.2207	0.9821	110	1.4609	0.9510	200	15.857	0.8646
64	0.2438	0.9810	112	1.5618	0.9495	205	17.585	0.8587
66	0.2666	0.9800	114	1.6684	0.9479	210	19.465	0.8528
68	0.2912	0.9788	116	1.7809	0.9464	215	21.477	0.8465
70	0.3177	0.9777	118	1.8995	0.9448	220	23.659	0.8403
72	0.3463	0.9765	120	2.0245	0.9431	225	26.007	0.8339
74	0.3769	0.9754	122	2.1561	0.9414	230	28.531	0.8272
76	0.4098	0.9742	124	2.2947	0.9398	235	31.239	0.8206
78	0.4451	0.9730	126	2.4404	0.9381	240	34.140	0.8136
80	0.4829	0.9718	128	2.5935	0.9365	245	37.244	0.8264
82	0.5234	0.9705	130	2.7544	0.9348	250	40.560	0.7992

PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR	PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN m.
0	10,33
200	10,080
400	9,830
600	9,580
800	9,340
1.000	9,110
1.200	8,890
1.400	8,670
1.600	8,450
1.800	8,240
2.000	8,040
2.500	7,560
3.000	7,100
3.500	6,680
4.000	6,270