

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA CARRERA DE
CONSTRUCCIONES CIVILES**



**CÁLCULO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACION
EFICIENTE DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL
EDIFICIO “HAKAWI”**

Trabajo de aplicación para la obtención del grado de Licenciatura

POR: CRISTINA CHOQUE DAZA

LA PAZ – BOLIVIA

Julio – 2021

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE CONSTRUCCIONES CIVILES

TRABAJO DE APLICACIÓN

**“CÁLCULO Y DISEÑO PARA LA IMPLMENTACION EFICIENTE DEL SISTEMA
DE AGUA POTABLE EN EL EDIFICIO HAKAWI”**

Presentado por: Univ. Cristina Choque Daza

Para obtener el grado académico de: **Licenciatura En Construcciones
Civiles**

Nota numeral: _____

Nota literal: _____

Ha sido: _____

Director de la carrera de Construcciones Civiles: Ing. Carlos Méndez Cárdenas

Coordinador de área: Ing. Max Alberto Tapia Flores

Tribunal: Ing. José Francisco Ergueta Acebey

Tribunal: Ing. María Nadiesda Otero Valle

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres quienes me dieron vida, educación y apoyo constante, también al gran amor de mi vida JEMC

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a Dios y a mis padres, quienes me han apoyado en el trayecto de mi vida y en todas las metas que me he propuesto.

Por otro lado, quiero agradecer al Ing. Francisco Ergueta por brindarme su colaboración en mi formación profesional. También a mis amigos, docentes y autoridades de la Universal Mayor De San Andrés.

INDICE

RESUMEN

CAPITULO 1.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACION DEL TRABAJO	1
1.3. OBJETIVOS	1
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	1
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
CAPITULO 2.....	2
2. 1. FUNDAMENTACION TEORICA	2
2.1.2. AGUA POTABLE.....	2
2.1.3. SISTEMA DE AGUA POTABLE	2
2.1.4. INSTALACIONES DOMICILIARIAS 0DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS	3
2.1.5. DIVISION DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS.....	4
2.1.6. CALCULO Y DISEÑO DE OBRAS EXTERIORES	4
3.1.7. CALCULO Y DISEÑO DE OBRAS INTERIORES	7
CAPÍTULO 3.....	27
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	27
3.2. PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO.....	27
3.3. MEMORIA DE CÁLCULO	28
3.3.1. CALCULO DEL REQUERIMIENTO DIARIO.....	28
3.3.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE.....	30
3.3.3. DISEÑO HIDRAULICO DE LA ACOMETIDA	31
3.3.4. CALCULO DE LA PRESION DE ENTRADA AL TANQUE CISTERNA	33
3.3.5. CALCULO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	34
3.3.6. CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO E HIDROCELE	36
3.3.7. DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA.....	36
3.3.8. CALCULO DE LA PRESION EN EL ARTEFACTO MÁS DESFAVORABLE	39
CAPÍTULO 4.....	40
4.1. CONCLUSIONES	40
4.2. BIBLIOGRAFÍA.....	41
4.3. WEBGRAFIA	41
ANEXOS	42

RESUMEN

En el presente trabajo de aplicación se realizará el cálculo y diseño del sistema de agua potable para la respectiva implementación en el Edificio "HAKAWI". Ubicado en la zona Tembladerani del Municipio de La Paz. Por tanto, el cálculo y diseño hidráulico del sistema de agua potable se basará en el reglamento nacional de instalaciones sanitarias domiciliarias, revisada y actualizada el 2011 (RENISDA), para garantizar la calidad, cantidad y continuidad de agua potable, para de esta manera proteger una edificación de fallas o mal funcionamiento del sistema de agua potable. En el diseño del sistema de agua potable obtendremos los siguientes resultados: a) El requerimiento o consumo diario de agua potable en el edificio tomando en cuenta el volumen contra incendios y otros usos, b) La dimensión del tanque cisterna tomando en cuenta el área disponible, en la parte exterior del edificio, c) Las características de la bomba y los hidroceles o hidroneumáticos, d) Los diámetros de las tuberías de acometida, succión, impulsión y ramales de distribución e) La presión disponible en el artefacto más desfavorable.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta la parte constructiva para no generar problemas con temas arquitectónicos, estructurales, sanitarios y eléctricos. Así los resultados obtenidos del cálculo y diseño hidráulico garantizarán un abastecimiento eficaz y eficiente de agua potable en todo el edificio.

Palabras clave:

Requerimiento de agua potable, sistema de abastecimiento de agua potable, cálculo y diseño hidráulico, calidad de agua, continuidad de agua potable y presión en el artefacto más desfavorable.

CAPITULO 1

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cálculo y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de un edificio antes de su instalación o implementación, debe pasar por una revisión técnica previa. Este proceso coadyuvará que el requerimiento de agua potable en el edificio sea suficiente, las características de bombas e hidroceles sean las adecuadas, para que la presión en el artefacto más desfavorable sea suficiente y que los diámetros de tuberías que componen el sistema sean eficientes.

En el edificio Hakawi la revisión del cálculo y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable a implementar, fue deficiente y superficial, presentándose de esta manera las siguientes dificultades:

- El requerimiento de agua en el edificio no es suficiente;
- El equipo de bombeo e hidroceles no son los adecuados;
- El área destinada para la ubicación del tanque cisterna no es suficiente.

1.2. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

En relación al problema planteado, si bien se presentan el cálculo y diseño del sistema de agua potable de un edificio, ya sea con programas informáticos, siempre se debe realizar una revisión de cálculo y diseño del sistema de agua potable, tomando en cuenta los criterios constructivos, costo y eficiencia. Desde este punto de vista, el presente trabajo de aplicación, nos ayuda a entender la importancia de la revisión del diseño y cálculo del sistema de abastecimiento de agua potable en edificios, para garantizar la calidad, continuidad y cantidad de agua potable en todo el edificio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Realizar el correcto cálculo y diseño del sistema de agua potable a implementar en el edificio Hakawi.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Seleccionar un sistema de agua potable apropiado para el edificio.
- ✓ Calcular el requerimiento diario necesario y suficiente en el edificio, tomando en cuenta el volumen contra incendios y otros usos.
- ✓ Determinar la ubicación del tanque cisterna, las características de la bomba e hidroceles, para que la presión en el artefacto más desfavorable sea suficiente
- ✓ Dimensionar el sistema de abastecimiento de agua potable desde la acometida, hasta cada artefacto disponible en el edificio, de manera adecuada para garantizar la efectividad de la distribución de agua potable en el edificio.

CAPITULO 2

2. 1. FUNDAMENTACION TEORICA

2.1.2. AGUA POTABLE

“Aquella que por sus características organolépticas, físicas, químicas, radiactivas y microbiológicas, se considera apta para consumo humano y que cumple con las normas de calidad de agua” (Norma Boliviana 689, 2004, pág. 141).

2.1.3. SISTEMA DE AGUA POTABLE

“Es un conjunto de estructuras, equipos, accesorios e instalaciones que tiene por objeto transformar la calidad de agua y transportarla desde la fuente de abastecimiento hasta los puntos de consumo, en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión” (Norma Boliviana 689, 2004, pág. 147).

En resumen, el sistema de agua potable está conformado por: La captación, potabilización, almacenamiento, distribución y consumo. Como se observa en la siguiente imagen:



Figura N. ° 1: Sistema de abastecimiento de agua potable

Fuente: <http://helid.digicollection.org/en/d/Jwho91s/2.11.html>

2.1.4. INSTALACIONES DOMICILIARIAS DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS

Toda construcción destinada a ocupación humana debe contribuir a un mejor hábitat, toda vivienda cuenta con áreas húmedas una dedicada al aseo (Baños), de alimentos (cocina) y de ropa (Lavanderías) ubicadas en su mayoría al exterior.

A fin de mejorar la funcionalidad de los ambientes (Áreas húmedas) es que se ha utilizado el REGLAMENTO NACIONAL DE INSTALACIONES SANITARIAS DOMICILIARIAS, Según RESOLUCION SECRETARIAL N°390 de 20 de septiembre de 1994 (actualizada y revisada el año 2011), "que tiene por objeto establecer los requisitos técnicos mínimos para planificación, el diseño, la construcción y puesta en servicios de las instalaciones domiciliarias de agua potable" (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 13).

Para el cálculo y diseño de instalaciones de agua potable se deben conocer necesariamente los siguientes conceptos básicos:

- ✓ **CAUDAL.** "Flujo de agua en la unidad de tiempo que circula en un conducto o canalización bajo condiciones de presión" (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 125).
- ✓ **PRESION DINAMICA.** Presión medida en la red pública de agua potable o redes de distribución de agua domiciliarias en presencia de flujo" (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 126).

- ✓ **PRESION DISPONIBLE.** “Presión dinámica medida en la red pública de agua potable en el punto de conexión domiciliaria” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 127).
- ✓ **PRESION DE SERVICIO.** “Presión mínima requerida para que el agua alimente a todos los artefactos sanitarios” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 127).

2.1.5. DIVISION DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE EN EDIFICIOS

Las instalaciones para el suministro de agua potable se dividen en dos:

- ✓ **OBRAS EXTERIORES**

“Son aquellas necesarias que se ejecutan para proceder con las conexiones domiciliarias de agua potable. Comprenden respectivamente las obras civiles de red pública de distribución de agua potable hasta la instalación del hidrómetro o medidor. Estas obras son de responsabilidad de la entidad competente y serán ejecutadas por personal especializado de la misma”. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 25).

- ✓ **OBRAS INTERIORES**

“Son aquellas que se ejecutan a partir del hidrómetro o medidor. Comprenden las obras de almacenamiento y/o distribución de agua potable hasta los artefactos sanitarios. Estas obras son de responsabilidad del propietario del edificio o inmueble y serán ejecutadas por personal registrado y matriculado” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 25)

2.1.6. CALCULO Y DISEÑO DE OBRAS EXTERIORES

2.1.6.1. RAMAL DE ALIMENTACION DOMICILIARIO DE AGUA POTABLE

“Es el tramo de tubería y accesorios comprendido entre en el medidor y la primera derivación a una instalación sanitaria. Si el sistema contempla un tanque cisterna, el ramal de alimentación domiciliaria es el tramo comprendido entre el hidrómetro y

la válvula de flotador instalado en el mismo” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 127).

DIAMETRO DE LA ACOMETIDA

Para el diseño hidráulico se considera el tiempo de llenado de 4 horas.

Ecuación (1)

$$Q = \frac{Cd}{4h}$$

Q = Caudal (l/s)

Cd = Consumo diario ($\frac{l}{dia}$)

h = horas

Para hallar el diámetro de la acometida se utiliza la fórmula de Bresse.

Ecuación (2)

$$D = 1.41\sqrt{Q}$$

Q= Caudal (l/s)

D=Diámetro (Pulg)

Antes de seleccionar el diámetro se debe verificar que se cumplan los requisitos de velocidades de pérdidas de carga según Hazen y Williams.

Ecuación (3)

$$V = \frac{6.20 * Q}{\pi * D^2}$$

Q= Caudal (l/s)

D=Diámetro (Pulg)

V=Velocidad (m/s)

Luego se calcula la perdida unitaria por longitud de tubería y accesorios en base a los diámetros calculados.

Ecuación (4)

$$J = \frac{(100 * \frac{Q}{C})^{1.85}}{D^{4.87}} * 0.3437$$

Q = Caudal (L/s)

C = coeficiente de rugosidad (PVC, 140)

D = Diámetro (Pulg)

Para calcular la pérdida total en el tramo se recurre a la siguiente ecuación.

Ecuación (5)

$$hf = J * L$$

Donde:

hf = Pérdida total por tramo (m)

L = Longitud tubería (m)

J = pérdida unitaria (m/m)

2.1.6.2. HIDROMETRO O MEDIDOR

“Artefacto medidor de consumo de agua que se identifica para el diámetro y la capacidad de medición de los volúmenes consumidos de agua” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 126).



Figura N°2. Micromedidor

Fuente: <https://www.facebook.com/EpsasBo/photos>

2.1.6.3. INSTALACION DE MEDIDORES DE AGUA

1. “La instalación de medidores de agua o hidrómetros, como parte de la conexión domiciliaria del inmueble o edificio, es responsabilidad de la entidad competente.
2. Todo medidor debe cumplir con las normas y especificaciones técnicas de calidad, establecidas por el IBNORCA y el presente reglamento, tales como tipo, calidad de materiales, rango de caudales, presión de trabajo, error de medición, pérdidas de cargas máximas, mínimas y otros
3. Los medidores deberán ser instalados en todo tipo de inmueble, cuyas características serán determinadas por el consumo diario, el caudal máximo

horario de la demanda, las presiones de trabajo y las pérdidas de carga” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, págs. 85,86).

3.1.7. CALCULO Y DISEÑO DE OBRAS INTERIORES

Para el cálculo y diseño del sistema de agua potable es vital contar con los siguientes planos.

- ✓ Plano en planta.
- ✓ Vista isométrica.
- ✓ Mostrar el plano en planta y corte.
- ✓ Detalle del sistema de almacenamiento de agua.

2.1.7.1. DOTACION DE AGUA POTABLE.

Para el cálculo del consumo diario en edificios y viviendas multifamiliares, se debe determinar la tasa de ocupación, el número de habitantes se define tomando en cuenta el tamaño y número de dormitorios comprendidos en el diseño arquitectónico, tomando en cuenta las normas de edificación y construcción que establecen una tasa de ocupación máxima.

“En general se recomienda aplicar una tasa de ocupación de dos personas para dormitorios de tipo social y una persona por dormitorio de servicio.

La tasa de ocupación en edificios de oficina, comercio, etc. Es determinada por la normativa de construcción vigente” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 133).

LOCAL	TASA DE OCUPACION
Bancos	1 persona/5.00 m ²
Oficinas	1 persona/6.00 m ²
Locales comerciales, planta baja	1 persona/2.50 m ²
Salas de hoteles	1 persona/5.50 m ²

Tabla N°2: Tasa de ocupación de edificios públicos y privados
Fuente: Reglamento nacional de instalaciones sanitarias, noviembre 2011, Pag.133

La dotación per cápita, es el consumo medio diario que se le asigna a cada habitante, para satisfacer sus necesidades (Bebida, alimentación, aseo personal y vivienda).

En la siguiente tabla se indica los valores referenciales de consumo para diferentes predios, para otros que no estén contemplados el proyectista deberá realizar las elecciones consumo manteniéndose en el marco del uso eficiente y conservación del agua.

Nº DE DORMITORIOS POR DEPARTAMENTO	CONSUMO DIARIO POR DEPARTAMENTO/(I)
1	400.00
2	800.00
3	1200.00
4	1350.00
5	1500.00

Tabla N°3: Relación de dotación de agua para consumo humano con número de dormitorios
Fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias

TIPO DE INMUEBLE/UTILIZACION	DOTACION
Edificios de oficinas, personal	50.00 (l/persona*día) o 6.00 (l/m ² *día)
Parqueo sin lavado de automóviles	2.00 (l / m ² *día)
Riego de jardines	2.00 (l/m ² *día)
Coliseos, gimnasios, locales deportivos.	1.00 (l/Espectador día)

Tabla N°4: Dotaciones comerciales, públicas. Valores referenciales
Fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias, Pag. 135

NOTA.

- ✓ “Para el **volumen contra incendios y otros usos** el reglamento indica **500.00 litros** por piso (CI) y **250.00 litros** por piso (OU)” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 136)
- ✓ “La dotación de agua para riego deberá ser individualizada y no superar 2 (l/m².dia), en áreas verdes menores a los 200 (m²). En superficies mayores a (200 m²), se deben aplicar sistemas de riego eficiente” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 134).

2.1.7.2. SISTEMA DOMICILIARIO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

“Sistema de distribución del agua a todos los puntos de consumo de una vivienda o edificación, comprendiendo los ramales, montantes de agua, tanques, tuberías de succión, impulsión, etc.” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 127).

El sistema de abastecimiento de agua potable puede ser directo, indirecto y mixto.

2.1.7.2.1. SISTEMA DIRECTO

El sistema directo de abastecimiento de agua es aquel en el cual los puntos o artefactos sanitarios de utilización son conectados a una red de distribución alimentada directamente por la red pública de agua potable”. (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 131).

Este sistema está conformado por:

- Conexión domiciliaria
- Medidor
- Red de distribución

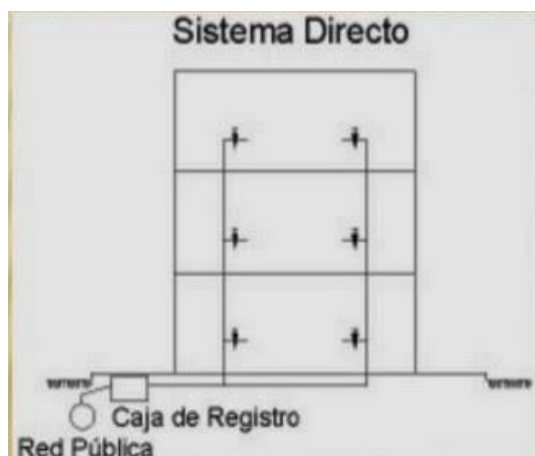


Figura N.º 3: Elementos del sistema directo

Fuente: <http://inemconstrucciones.blogspot.com/2013/11/instalaciones-sanitarias.html>.

VENTAJAS	DESVENTAJAS	RECOMENDABLE
Existe menos peligro de contaminación.	No existe almacenamiento de agua en caso de paralización del servicio.	En zonas de abastecimiento continuo de agua.
Son sistemas económicos.	Abastecen a edificios de baja altura (2 a 3 plantas)	Para edificaciones de 2 a 3 pisos.
	Posibilidades de que las variaciones horarias afecten el abastecimiento en lugares de consumo elevado.	En edificaciones donde las presiones son las suficientes.

Cuadro N°1: Ventajas y desventajas del sistema indirecto

Fuente: Elaboración propia, basado en el **RENISDA** (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 131).

2.1.7.2.2. SISTEMA INDIRECTO

“El sistema indirecto de abastecimiento es aquel en el cual los puntos o artefactos sanitarios de utilización están abastecidos por una red de distribución alimentada por un sistema de almacenamiento de agua y /o sistemas hidroneumáticos”

(Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 131).

VENTAJAS	DESVENTAJAS	RECOMENDABLE
Existe reserva de agua, en caso de algún tipo de interrupción del servicio.	Existe un riesgo de contaminación del agua.	En zonas de abastecimiento discontinuo de agua.
Se tiene una presión constante en cualquier punto de consumo.	Requieren equipos de bombeo y elevadores de presión.	Para edificaciones mayores a 3 plantas.
	Es un sistema de mayor costo de construcción, operación y mantenimiento.	En edificaciones donde las presiones son suficientes para el artefacto más desfavorable.

Cuadro N°2: ventajas y desventajas del sistema indirecto

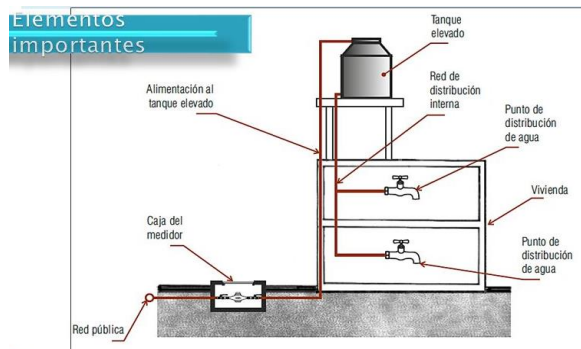
Fuente: Elaboración propia, basado en el RENISDA (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 131).

Dentro del sistema indirecto existen las siguientes alternativas para que la presión en el artefacto más desfavorable sea la suficiente.

2.1.7.2.2.1. TANQUE ELEVADO CON ALIMENTACION DIRECTA.

Esta alternativa necesita conocer las presiones de servicio en horas de máximo y mínimo consumo, el sistema está formado por:

- Conexión domiciliaria
- Medidor
- Tubería de aducción al tanque elevado
- Red de distribución



FiguraNº4: Elementos del sistema indirecto con tanque elevado

Fuente: <https://slideplayer.es/slide/3186521/11/images/15/Elementos+importantes.jpg>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
No se requiere equipos de bombeo	Se almacena solo el consumo de un día.
La presión es constante en los artefactos sanitarios.	Es necesario el diseño estructural para ubicar el tanque elevado, el cual puede ser antiestético.

Cuadro Nº3: Ventajas y desventajas del sistema indirecto con tanque elevado

Fuente: Elaboración propia, basado en (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, págs. 131,132).

2.1.7.2.2. TANQUE CISTERNA, EQUIPO DE BOMBEO Y TANQUE ELEVADO

El agua que ingresa de la red pública se almacena en tanques bajos o cisterna, mediante un equipo de bombeo el agua se conduce al tanque elevado, para luego distribuir por gravedad a los puntos de consumo.

El sistema está formado por:

- Conexión domiciliaria.
- Medidor
- Tubería de acometida al tanque bajo o cisterna
- Tanque elevado
- Redes de distribución

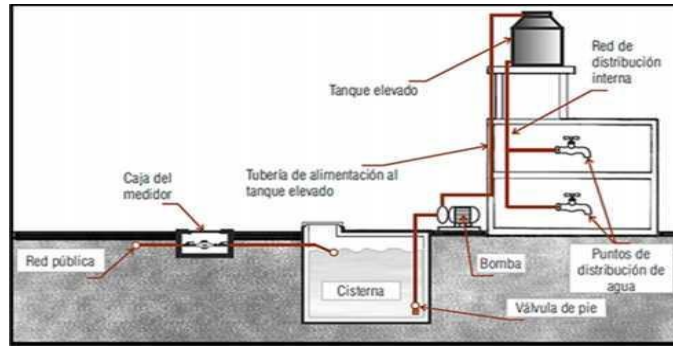


Figura Nº4: Elementos de un sistema indirecto

Fuente: <https://docplayer.es/docs-images/97/132373844/images/37-0.jpg>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Se mantiene la presión constante en los artefactos sanitarios	Por el peso del tanque es necesario un diseño estructural, para su peso y efectos.
En caso de interrupción del servicio, existe reservas en el tanque bajo	Solo almacena el consumo de un día y el área de construcción del tanque disminuye el área a construir del edificio, en muchos casos puede ser antiestético.

Cuadro Nº4: Ventajas y desventajas del sistema indirecto

Fuente: Elaboración propia, basado en (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 132).

2.1.7.2.2.3. SISTEMA INDIRECTO HIDRONEUMATICO

“Este sistema requiere de un tanque cisterna y un equipo hidroneumático. La red de distribución domiciliaria esta presurizada a través de un sistema de tanques hidroneumáticos. Se aplica cuando las condiciones de presión y caudal de la red pública son insuficientes para abastecer a los puntos de consumo más alejados y elevados de la instalación domiciliaria” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 132).

Este Sistema está formado por:

- Conexión domiciliaria
- Medidor
- tubería de acometida al tanque bajo
- Equipo de bombeo
- Tanque hidroneumático
- Redes de distribución

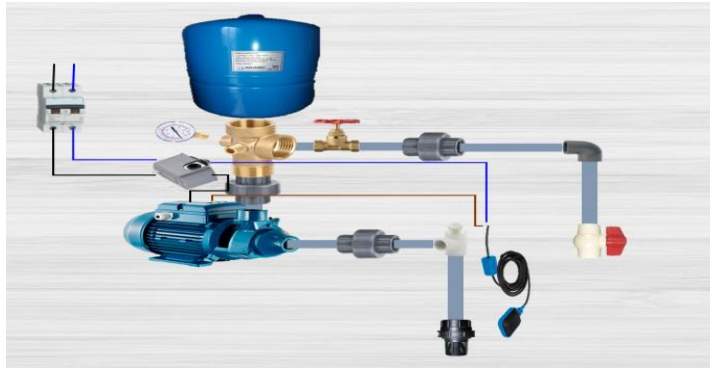


Figura N°5: Sistema indirecto con equipos elevadores de presión
Fuente: <http://admin.electrotec.pe/elements/images/image-article-be.png>

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Provee mayor presión en los pisos superiores, en relación al tanque elevado.	Almacena el consumo mínimo de un día, y disminuye las áreas de construcción del edificio.

Cuadro N°5: Ventajas y desventajas del sistema indirecto con equipos elevadores de presión.
Fuente: Elaboración propia, basado en (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 132).

FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA HIDRONEUMÁTICO

1. “El agua llega al tanque de almacenamiento desde una red pública u otra fuente.
2. A través de bombas, el agua es impulsada a un recipiente a presión, que tiene volúmenes de agua y aire variables.
3. Al entrar el agua al recipiente, hace aumentar la presión del aire que se encuentra en su interior. una vez que la presión llega a un valor máximo, se da la orden a las bombas de parar, cuando comienza a consumirse el agua, la presión disminuye hasta un valor de presión mínimo a partir del cual la bomba se vuelve a accionar y vuelve a impulsar agua al recipiente” (Guillermo Quispe Miranda, 2011, pág. 214).

2.1.7.2.3. SISTEMA MIXTO

Cuando las presiones en la red pública lo permitan. Los pisos inferiores pueden ser alimentados en forma directa y los superiores de manera indirecta

Las ventajas de este sistema es la disminución de las capacidades de tanque cisterna - elevado y las bombas serán de menor capacidad.



Figura N°6: sistema mixto de agua potable

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/-MxxSb3Giipk4.jpg>

2.1.7.3. TANQUE CISTERNA

Depósito de agua situado entre el medidor y el conjunto motor-bomba. Ubicado generalmente en la planta baja o sótano de un edificio, destinado al almacenamiento de agua para su posterior distribución mediante un sistema indirecto de agua potable.

DIMENSIONAMIENTO. - Las dimensiones del tanque se conocen cuando se haya fijado el consumo diario. Cuando la capacidad supera a 50 m³, Para facilitar la limpieza y reparaciones se divide en dos compartimientos iguales.

- **Tanque Cisterna:**

Para un compartimiento:

Ecuación (7)

$$\frac{LARGO}{ANCHO} = \frac{X}{Y} = \frac{3.00}{2.00}$$

Para dos compartimientos:

Ecuación (8)

$$\frac{LARGO}{ANCHO} = \frac{X}{Y} = \frac{3}{4}$$

La altura del agua en los depósitos de hormigón armado y mampostería se determina en base al siguiente cuadro.

ALTURA DEL AGUA (m)		VOLUMEN (m3)
NORMAL	OPTIMO	
2.00-2.50	2.50	100.00
2.50-3.00	3.00	100.00-200.00
3.00-4.00	4.00	200.00-300.00

Tabla N°5. Altura del agua en depósitos
Fuente: servicios múltiples de tecnología apropiadas SEMTA-BOLIVIA

CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS:

- ✓ “El fondo del tanque debe tener una pendiente del 2%
- ✓ Se debe tomar en cuenta una altura de rebose de 30 (cm).
- ✓ En el punto más bajo del tanque, se coloca un dispositivo de limpieza de fondo, la limpieza debe realizarse mensualmente.
- ✓ La tapa de inspección debe ser de cierre hermético, pero fácil de remover, para inspección, limpieza y reparación.
- ✓ Como complemento se debe colocar un tubo de ventilación, de modo que permita la salida y entrada de aire sin menor dificultad, pero que impida la entrada de insectos, roedores u otros.
- ✓ Los materiales adecuados para construir tanques son: Hormigón armado, mampostería de piedra, mampostería de ladrillo, PVC y metálicos. En el caso de tanques cisterna eventualmente pueden usarse tanques de PVC o fibrocemento si estos cumplen con los volúmenes y resistencia estructural requeridos” (Guillermo Quispe Miranda, 2011, pág. 187).

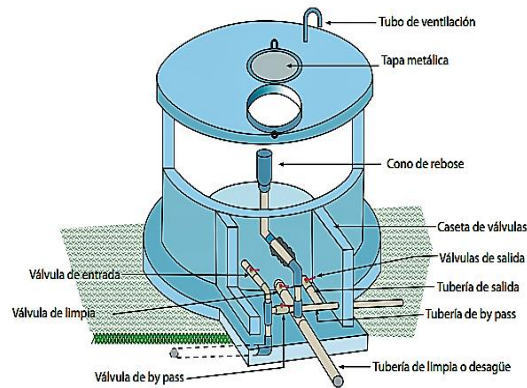


Figura N°7: Detalle constructivo del tanque elevado
 Fuente: <https://sswm.info/sites/default/files/iimages.png>

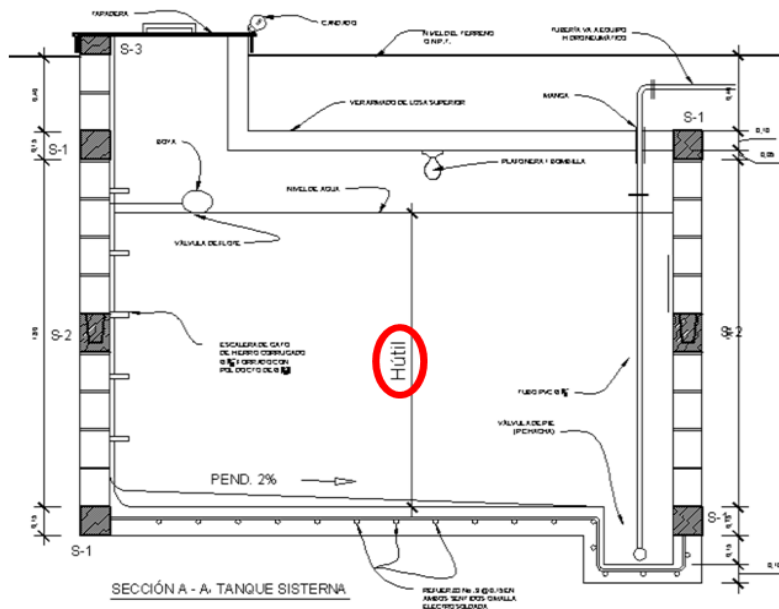


Figura N°8: Detalle constructivo del tanque cisterna
 Fuente: <https://sswm.info/sites/default/files/iimages.png>

2.1.7.4. SISTEMA DE BOMBEO

“Este sistema consta de un ramal de alimentación domiciliaria, un tanque cisterna, una instalación de bombeo y un tanque elevado o equipos hidroneumático. El equipo de bombeo deberá estar provisto de un sistema eléctrico de control automático de niveles de operación (parada-arranque). El ramal domiciliaria debe estar provisto de una válvula de flotador en la tubería de ingreso al tanque cisterna” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 137).

Este tipo de tecnología requiere de conocimientos técnicos para definir el tipo de la instalación, operación y mantenimiento, requiere conocimientos técnicos, recursos económicos.

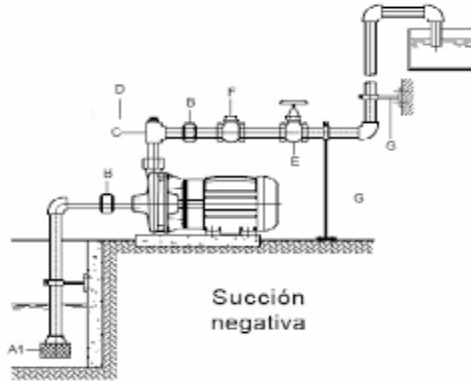


Figura N°9: Sistema de bombeo
Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>

“Para la elección de la bomba es necesario presentar al fabricante los siguientes datos:

- a) Clase de líquido a impulsar: Agua limpia, aguas servidas, etc.
- b) Temperatura de líquido a impulsar: Temperatura ambiente
- c) Caudal que debe descargar la bomba: Expresado en galones/minuto
- d) Altura de aspiración o succión: Distancia vertical entre el nivel más bajo del líquido a succionar y el centro de la bomba
- e) Altura de impulsión: llamada también cabeza de descarga, es la distancia vertical desde el centro de la bomba hasta el nivel de agua en el tanque elevado.
- f) Altura total: llamada también altura o cabeza dinámica total
- g) Sistema de propulsión de la bomba: motor eléctrico, gasolina, diésel, turbina, de vapor o correa
- h) Corriente eléctrica disponible: Numero de fases (monofásica o trifásica), tensión (voltaje), ciclaje (50 a 60Hertz)” (Guillermo Quispe Miranda, 2011, pág. 187).

DIMENSIONAMINETO

Ecuación (11)

$$PB = \frac{Q * Hb}{50}$$

PB: Potencia del equipo (HP)
QB: Caudal de bombeo (m^3/s)
HB: Altura manométrica (m)

Ecuación (12)

$$QB = \frac{Cd}{6h}$$

Cd: Consumo diaria ($m^3/día$)

Ecuación (13)

$$Hb = Hi + Hs + Hp$$

Hb: Altura de bombeo (m)
Hi: Altura de impulsión (m)
Hs: Altura de succión (m)
Hp: Altura por pérdida de carga total (m)

Se debe admitir en la práctica, un cierto margen para motores eléctricos:

50% para bombas hasta 2 HP
30% Para bombas de 2 a 5 HP
20% Para bombas de 5 a 10 HP

Tabla N°6 margen de potencia a instalar de bombas eléctricas
Fuente: Guillermo Q.M., 2011. Instalaciones sanitarias en edificios

2.1.7.5. TUBERIA DE SUCCION

“Es la tubería que va desde el colador hasta la boca de succión de la bomba, esta tubería debe ser lo más corta posible evitar el colocado de accesorios. “El diámetro de la tubería de succión debe ser mayor al diámetro de la tubería de impulsión”, la velocidad en esta tubería debe ser de **0.60 a 0.90 m/s**.

Las válvulas y accesorios con los cuales se debe complementar para el funcionamiento adecuado de la bomba son:

a) Coladera o filtro: Ubicado en la entrada de tubería de succión y evita la entrada de impurezas a la bomba.

b) Válvula de pie: Ubicado después del filtro, evita el retorno de agua cuando la bomba deja de funcionar (mantiene la bomba cebada).

c) **Llave de paso directo o compuerta:** Interrumpe el flujo para realizar el mantenimiento.

2.1.7.6. TANQUE HIDRONEUMATICO

“Los tanques hidroneumáticos son recipientes cerrados, dentro de los cuales nos encontramos con dos volúmenes, uno de agua y otro de aire. Al ingresar el agua a presión dentro del tanque, comprime el aire confinado en su interior”

(<https://guiadebombas.com>, s.f.).

Este sistema es uno de los más modernos, es una alternativa para eliminar el tanque elevado.



Figura N°10 Tanque Hidroneumático←--
Fuente: <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>

DIMENSIONAMIENTO

“1. Los tanques hidroneumáticos pueden ser instalados anexos al tanque cisterna o en el caso de edificios multifamiliares de varias plantas, en la parte más elevada del edificio.

2. El volumen de los tanques o hidroceles se calculara a partir de las **especificaciones técnicas recomendadas por el fabricante.**

3. todo sistema hidroneumático debe complementarse con: tablero eléctrico, llaves de paso.

4. La determinación de la capacidad del acumulador de presión deberá calcularse e instalarse siguiendo las instrucciones del fabricante, por lo que se debe adjuntar la nota de cálculo tablas o catálogos de los mismos (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 161)”.

Se recomienda los siguientes coeficientes de mayoración de la potencia de la bomba.

20.00 -40.00 PSI	14.00-28.00m
30.00 -50.00 PSI	21.00-35.00 m
40-60 PSI	28.00-42.00 m
50 -70 PSI	35.00-49.00 m

Tabla N°7 rangos de presión de uso de hidroneumáticos

Fuente: Guillermo Q.M., 2011. Instalaciones sanitarias en edificios, basado en catalogo

MYERS

Siempre el rango de variación debe ser 20.00 PSI y estará en función de la presión que se requiera para el artefacto de ubicación más desfavorable.”¹

Para el cálculo de la altura dinámica se utiliza la siguiente expresión:

Ecuación (14)

$$H = hg + hs + htotal + hp + hm$$

Donde:

H = Altura dinámica (m.c.a.)

hg = Altura geométrica de hidrocél al artefacto más desfavorable (m)

hs = Altura de succión

h total = pérdida de carga total al artefacto más desfavorable

hp = presión de salida en el artefacto más desfavorable

hm = pérdida de carga en el medidor

Según los rangos de presión y el catalogo Myers se halla el factor Drawdown multiplier.

TANK PRES. AT SHUT-OFF PSI (Kpa)	TANK PRESSURE AT START-UP -PSI (Kpa)					
	10 (69)	20 (138)	30 (207)	40 (276)	50 (345)	60 (414)
20 (138)	.26					
30 (207)	.41	.20				
40 (276)	.51	.35	.17			
50 (345)	.57	.42	.29	.14		
60 (414)	.61	.49	.37	.25	.12	
70 (483)	.65	.54	.43	.32	.22	.10
80 (552)	.68	.58	.52	.52	.29	.19
90 (621)	.70	.61	.56	.56	.35	.26

Tabla N°8 factor Myers para determinado rango de presión

¹ Guillermo Q.M., 2011. Instalaciones sanitarias en edificios, Bolivia, Oruro, p 459

Fuente: Guillermo Q.M., 2011. Instalaciones sanitarias en edificios, basado en el catálogo de tanque MYERS.

Capacidad de hidroceles, se calcula por la ecuación:

Ecuación (15)

$$V = \frac{\text{pump GMP} * \text{minrun time}}{\text{Drawdown multiplier}}$$

Donde:

V = volumen del tanque en galones (Capacidad de hidroceles).

Pump GMP = Caudal de bombeo (Galones por minuto).

Min RUN time =Tiempo de ciclo de arranque de paradas según Myers recomienda 1 minuto.

Drawdown multiplier = Factor que se saca de tablas Myers para un determinado rango de presión.

MYERS	WELL-X-TROL	A.O. SMITH	STA-RITE	CLAYTON MARK	AQUATROL	GALVANIZED
MIL2	WX101	V-6P	N/A	N/A	IL-2	5 Gal.
MIL5	WX102	V-15P	N/A	JPT14	IL-5	11 Gal.
MIL7	WX103	V-25P	CA-15	JPT27	IL-7	21 Gal.
MIL14	WX200	V-45P	N/A	N/A	IL-14	42 Gal.
MPD14	WX201	V-45	N/A	30-01	FSD-14	42 Gal.
MPD20	WX202	V-60	CA-42	42-02	FSD-20	42 Gal.
MPD36	WX203	V-100	CA-82	80-03	FSD-36	82 Gal.
MPD52	WX251	V-200	N/A	120-04	FSD-52	120 Gal.
MPD86	WX252	V-260	CA-120	170-45	FSD-96	220 Gal.
MPDH7	WX103PS	N/A	N/A	N/A	FSD-7H	21 Gal.
MPDH14	N/A	N/A	N/A	30-12H	FSD-14H	42 Gal.
MPDH20	N/A	N/A	N/A	40-17H	FSD-20H	42 Gal.

Tabla N°9 volumen de hidroceles

Fuente: Guillermo Q.M., 2011. Instalaciones sanitarias en edificios, basado en el catálogo de tanque MYERS.

2.1.7.7. TUBERIA DE IMPULSION O MONTANTE DE AGUA

“Es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el Tanque alto al transporte de agua desde un tanque cisterna.” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 128), destinada. Sus características dependen de las pérdidas de carga y la velocidad. El diámetro debe ser mayor que la boca de la bomba.

Los accesorios y válvulas de complemento son:

- 1) **Reducción concéntrica:** Se utiliza debido a que el diámetro de la tubería de impulsión es mayor al diámetro de la boca de la bomba.

- 2) **Válvula de retención o chek:** Su función principal es evitar el retorno de agua a la bomba.
- 3) **Llave de paso directo o compuerta:** Controla el flujo que sale de la tubería.

DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento se realizará utilizando el Método hunter.

1. “Número y características de los artefactos sanitarios.
2. Caudal del agua
3. Presión disponible” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 156)

2.1.7.8. RAMALES DE AGUA POTABLE

“Son tuberías verticales que se derivan de los montantes o columnas de agua, conducen el agua a los artefactos sanitarios.” **(Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 127).**

DIMENSIONAMIENTO

“El dimensionamiento se realizará mediante el Método hunter, utilizando la planilla de montantes y columnas de agua. Tomando en cuenta los siguientes aspectos.

1. Características y número de los artefactos sanitarios.
2. Caudal del agua a conducir.
3. Presión disponible en la columna o montante.

Las redes de distribución de agua deberán ser diseñadas para satisfacer la demanda máxima probable de los diferentes puntos de consumo, es decir que la presión debe ser suficiente en el artefacto más desfavorable del edificio. Razón por la cual se realiza un cálculo de presiones, caudales y velocidades en ramales y columnas, para obtener una instalación eficiente en todo el edificio.

CAUDALES MAXIMO PROBABLE

“La determinación del caudal máximo probable en l/s correspondiente a un número de unidades de gasto (UG), método hunter términos de UG vs caudal (l/s),

dependiendo del tipo de artefacto empleado“ (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 147).

ARTEFACTO SANITARIO	EDIFICIOS MULTIFAMILIARES, CON 3 O MAS DEPARTAMENTOS		
	UNIDADES DE GASTO(UG)		
	TOTAL	FRIA	CALIENTE
Tina de baño o tina con ducha	3.50	2.60	2.60
Bidet	0.50	0.40	0.40
Lavadora automática domestica	2.50	1.90	1.90
Grifo de riego	2.50	2.50	
Lavaplatos o pileta de cocina	1.00	0.80	0.80
lavandería o pileta de lavado	1.00	08	0.80
Lavamanos o lavatorio	0.50	0.40	0.40
Ducha individual	2.00	1,50	1,50
Inodoro con tanque de descarga de 6L	2,50	2,50	
Inodoro con tanque de Hidropresión de 6L	2,50	2,5	
Inodoro c/válvula de descarga de 6 L	5.00	5.00	
Inodoro c/válvula de descarga de 13 L	3.00	3.00	
Inodoro con válvula de descarga de 13 L	7.00	7.00	
Tina de hidromasaje	4.00	3.00	3.00

Tabla N°10: Unidades de gasto por artefacto sanitario "Método Hunter"
Fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias, 2011, p149

Tomando en cuenta las experiencias desarrolladas en Bolivia los caudales se hallan con las siguientes formulas.

Para instalaciones que cuentan con tanques cisterna de descarga"
(Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011).

$$0.00 < UG < 100.00 \quad QMP(L/S) = 0.083373 + 0.022533 * UG - 8.31 E^{-5} * UG^2$$

$$100.00 < UG < 500.00 \quad QMP(L/S) = 0.814228 + 0.007263 * UG - 5.55 E^{-7} * UG^2$$

$$500.00 < UG < 1000.00 \quad QMP(L/S) = 1.501666 + 0.005683 * UG$$

PRESIONES

1. “Para fines de diseño la presión de trabajo o presión dinámica mínima, no debe ser menor a los 2.00 mca (20.00 Kpa) para todos los puntos de consumo. En el caso de artefactos con válvulas o hidropresión en inodoros la presión de trabajo será fijada por el proveedor.
2. La presión estática máxima aceptable no será mayor a los 40.00 m.c.a. (400.00 kpa). En caso de superarse esta presión se deberá considerar la instalación de equipos reductores de presión” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 143).

VELOCIDADES

1. “La velocidad mínima en un conducto o tubería no deberá ser menor a 0.60 m/s, para evitar la sedimentación.
2. A objeto de mitigar la generación de ruidos en las tuberías, la velocidad de flujo en los conductos de distribución de agua no deberá ser mayor a las indicadas en la tabla” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 143).

DIAMETRO NOMINAL	VELOCIDAD MAXIMA	CAUDAL MAXIMO
mm	m/s	l/s
15.00	1.60	0.20
20.00	2.00	0.60
25.00	2.30	1.20
40.00	2.50	4.00
50.00	2.50	5,70
60.00	2.50	8.90
75.00	2.50	12.00
100.00	2.50	18.00

Tabla N°11. Velocidades máximas admisibles en tuberías de agua potable
Fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias, 2011, p143

El diámetro conexión a los artefactos sanitarios se realizan en base a la siguiente tabla.

ARTEFACTO SANITARIO	DIAMETRO NOMINAL (DN)
	AGUA FRIA mm
Tina de baño o tina con ducha	15.00
Bidet	15.00
Lavadora automática domestica	15.00
Grifo de riego	15.00
Lavaplatos o pileta de cocina	15.00
lavandería o pileta de lavado	15.00
Lavamanos o lavatorio	15.00
Pileta de servicio	15.00
Ducha individual	15.00
Inodoro con tanque de descarga de 6.00 l	15.00
Inodoro con tanque de Hidropresion de 6.00 l	15.00
Inodoro c/válvula de descarga de 6 l	15.00
Inodoro c/válvula de descarga de 13 l	15.00
Inodoro con válvula de descarga de 13 l	15.00
Tina de hidromasaje	15.00

Tabla N°12: Diámetros mínimos de ramales de conexión de artefactos sanitarios
Fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias, 2011, p145

Los diámetros mayores se encuentran en la salida del tanque y va disminuyendo a medida que baja la montante, la presión es menor a la salida del tanque y va aumentando a medida que baja la montante.

La presión en el artefacto desfavorable debe ser comprobada antes de realizar la instalación del sistema para evitar fallas en el cálculo y diseño hidráulico del sistema. Por otra parte las pérdidas unitarias en accesorios deben ser adicionadas a las perdidas por tramo recto, para poder hallar la altura total. “Estas pérdidas se encuentran en la tabla N° 12 donde se encuentran clasificadas según su diámetro” (Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias, 2011, pág. 187).

DIAMETRO NOMINAL mm	CODO 90°	CODO DE 45°	CURVA DE 90°	CURVA DE 45°	TE DIRECTA	TE 90° SALIDA BILATERAL	ENTRADA NORMAL	ENTRADA DE BORDE	SALIDA DE CANAL	VALVULA DE PIE C/CRIBA	LLA VE DE PASO GLOBO	LLAVE COMPUERTA ABIERTA
15.00	1.10	0.40	0.40	0.20	0.70	2.30	0.30	0.90	0.80	8.10	11.10	0.10
20.00	1.20	0.50	0.50	0.30	0.80	2.40	0.40	1.00	0.90	9.50	11.40	0.20
25.00	1.50	0.70	0.60	0.40	0.90	3.10	0.50	1.20	1.30	13.30	15.00	0.30
40.00	3.20	1.30	1.20	0.60	2.20	7.30	1.00	2.30	3.20	18.30	35.80	0.70
50.00	3.40	1.50	1.30	0.70	2.30	7.60	1.50	2.80	3.30	23.7	37.90	0.80
60.00	3.70	1.70	1.40	0.80	2.40	7.80	1.60	3.30	3.50	25.00	38.00	0.90
75.00	3.90	1.80	1.50	0.90	2.50	8..0	20.00	3.70	3.70	26.80	40.00	0.90
10.00	4.30	1.90	1.60	1.00	2.60	8.30	2.20	4.00	3.90	28.60	42.30	1.00
150.00	5.00	2.60	2.10	1,20	2.80	11.10	2.80	5.60	5.50	43.40	56.70	1.20

Tabla N°13: Pérdidas de carga localizadas- Su equivalencia en metros de tuberías
Fuente: Reglamento de instalaciones sanitarias, 2011

CAPÍTULO 3

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO



Figura N°11: Ubicación del proyecto
Fuente: Google Earth

El edificio Hakawi se encuentra en Bolivia, Departamento de La paz, Municipio de La paz, Zona Tembladerani, N° 3121.

3.2. PROBLEMÁTICA DEL PROYECTO

De acuerdo a la información de EPSAS, la presión disponible en la matriz es insuficiente para alimentar de forma directa al edificio, por lo que se recurre y plantea la dotación de agua potable mediante una presurización directa de la Red de Distribución interior.

El proyecto presentado por el encargado del área sanitaria, del edificio Hakawi bloque "B", no presento el cálculo adecuado del consumo diario habiendo una diferencia de 10.35 m³ de agua potable, el cual afecta en el diseño y calculo hidráulico de todo el sistema de agua potable, los cuales si se hubieran realizado en función a esos cálculos se presentarían las siguientes falencias.

1. El requerimiento de agua no hubiera sido suficiente para toda la edificación.
2. Las dimensiones del tanque no eran las adecuadas y al sufrir el cambio, el área disponible no es suficiente.
3. El sistema de bombeo e hidroceles no llegan a ser eficientes para la dotación de agua potable en el edificio
4. La presión no sería suficiente en el artefacto desfavorable.

Por eso es necesario evaluar y analizar los proyectos antes de realizar la instalación, tomando en cuenta todas las deficiencias citadas se realiza el recalcu del sistema de abastecimiento de agua para su correcto funcionamiento.

3.3. MEMORIA DE CÁLCULO

3.3.1. CALCULO DEL REQUERIMIENTO DIARIO

Para determinar la demanda total de agua potable se utilizará el Método de Roy B. Hunter. La dotación diaria se calculará en función a la tabla N°2 y la tabla N°3 donde se encuentra los volúmenes requeridos para cada área específica del edificio.

BLOQUE "B"

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 4 (NIVEL +10.68)

DESCRIPCION	N° DORMITORIOS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	3.00	400.00	1200.00
Jardines	47.63	2.00	95.26
Jardines	48.70	2.00	97.40
Jardines	9.77	2.00	19.54
TOTAL			1412.2

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 5 (NIVEL +13.74)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	8.00	400.00	3200.00
TOTAL			3200

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 6 (NIVEL +16.80)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	6.00	400.00	2400.00
TOTAL			2400

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 7 (NIVEL +19.86)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	6.00	400.00	2400.00
TOTAL			2400

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 8 (NIVEL +22.92)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	6.00	400.00	2400.00
TOTAL			2400.00

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 9 (NIVEL +25.98)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	6.00	400.00	2400.00
TOTAL			2400.00

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 10 (NIVEL +25.98)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	5.00	400.00	2000.00
TOTAL			2000.00

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 11 (NIVEL +29.04)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	6.00	400.00	2400.00
TOTAL			2400.00

REQUERIMIENTO DIARIO PISO 12 (NIVEL +32.1)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	6.00	400.00	2400.00
TOTAL			2400.00

REQUERIMIENTO PISO 13 (NIVEL +32.1)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	4.00	400.00	1600.00
TOTAL			1600.00

REQUERIMIENTO DIARIO ALTILLO (38.22)

DESCRIPCION	N° PERSONAS	DOTACION (l/día)	CONSUMO (L/día)
Dormitorios	4.00	400.00	1600.00
Jardín 1	16.63	2.00	33.26
Jardín 2	16.63	2.00	33.26
TOTAL			1,666.52
REQUERIMIENTO TOTAL DEL CONSUMO DIARIO			24,278.72

Tabla N°13: Cálculo de la dotación diario

Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento de instalaciones sanitarias, 2011.

$$Cd = 24,28 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Luego de calcular el requerimiento diario de agua potable del bloque "B", del edificio Hakawi, se adiciona un volumen contra incendios y el volumen de otros usos, según las indicaciones del reglamento de instalaciones sanitarias.

VOLUMENES DE USO	DOTACION (l/Día)	VOLUMEN ($m^3/día$)
Volumen contra incendios	5000.00	5.00
Volumen de otros usos	2000.00	2.00
Volumen del consumo diario	24278.72	24.28
VOLUMEN TOTAL	31278.72	31.28

Tabla N°14: Cálculo de la dotación diario

Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento de instalaciones sanitarias, 2011.

Por lo tanto, el consumo diario total es:

$$CD = 31.28(m^3/día)$$

3.3.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

Tomando en cuenta la altura del edificio y las presiones disponibles en la red pública, el abastecimiento de agua potable se realizará mediante el:

SISTEMA INDIRECTO CON EQUIPOS ELEVADORES DE PRESION

El sistema está conformado por:

- ✓ Tubería Matriz.
- ✓ Tanque cisterna.
- ✓ Instalación de bombeo.
- ✓ Hidroneumáticos.
- ✓ Red de distribución.

3.3.2.1. CALCULO DEL TANQUE CISTERNA

En función al consumo diario calculado se dimensionará el tanque cisterna.

VOLUMEN DEL TANQUE CISTERNA (m^3)

V cisterna:	31.28 m^3
V Cisterna adoptado	31.50 m^3

Cuadro N°15: Cálculo de la dotación diario

Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento de instalaciones sanitarias, 2011.

Según la ecuación N°7.

$$\frac{LARGO}{ANCHO} = \frac{X}{Y} = \frac{3.22}{3.50} = 0.92$$

La altura optima de agua según la tabla N° 5 es de 2.8 metros. Tomando en cuenta la relación del largo y ancho según la ecuación N°2 las dimensiones del tanque cisterna se detalla en el siguiente cuadro.

DESCRIPCION	LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA UTIL (m)	ALTURA TOTAL (m)	VOLUMEN UTIL (m ³)	VOLUMEN REAL (m ³)
Tanque Cisterna Rectangular	3.22	3.50	2.80	3.10	31.55	34.94

Cuadro N° Dimensiones del tanque cisterna
Fuente: Elaboración propia

$$V \text{ útil } (31.55) \geq V \text{ Calculado } (31.28)$$

La altura útil del tanque es de 2.8 m, se debe añadir 0.15 m por ventilación y 0.15 para resguardo.

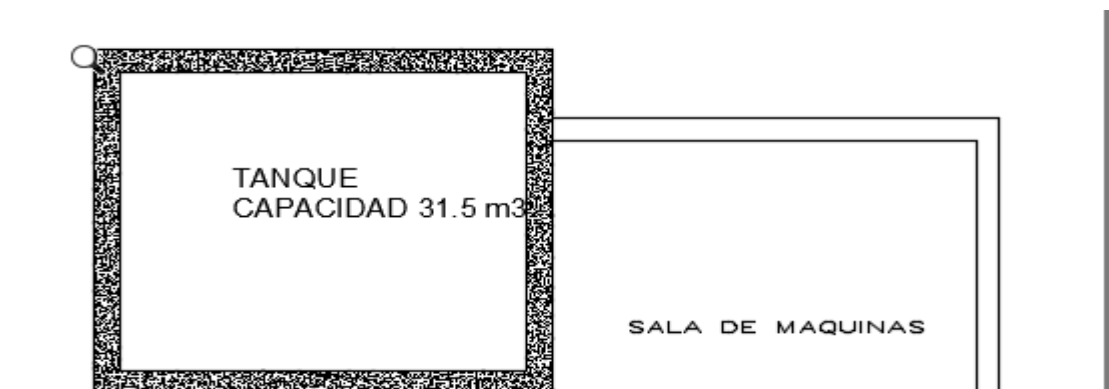


Figura N° Capacidad del tanque cisterna
Fuente: Elaboración propia

3.3.3. DISEÑO HIDRAULICO DE LA ACOMETIDA

El Tiempo de alimentación del volumen total según reglamento es: 4 Horas

De la ecuación N°1

$$Q = \frac{D}{4h} = \frac{31278.721}{4h}$$

$$Q = 7819.68 \left(\frac{L}{H}\right)$$

$$Q = 2.17 \left(\frac{L}{H}\right)$$

El diámetro de la tubería se calcula en función a la siguiente ecuación.

De la ecuación N°2

$$D = 1.4166\sqrt{Q} = 1.4166\sqrt{2.17}$$

$$D = 2.08(\text{Pulg})$$

$$D \text{ Adoptado} = 2.00 (\text{Pulg})$$

Verificando la velocidad según la ecuación N° 3

De la ecuación N° (3)

$$V = \frac{6.20 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{6.20 \cdot 2.17}{3.1416 \cdot 2^2}$$

$$V = 1.07(\text{m/s})$$

La Velocidad calculada se encuentra dentro de los rangos establecidos en la tabla N°11, por lo tanto, se adopta el diámetro calculado (2 pulgadas).

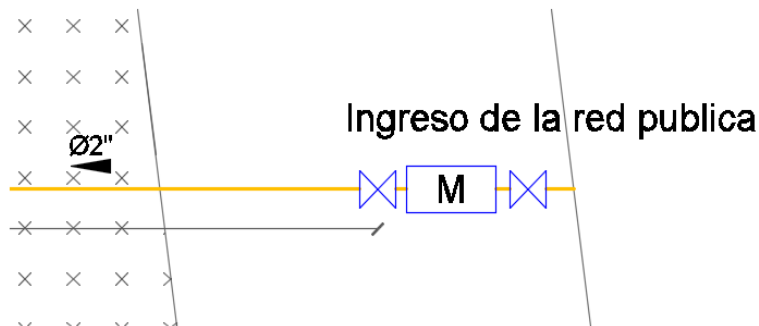
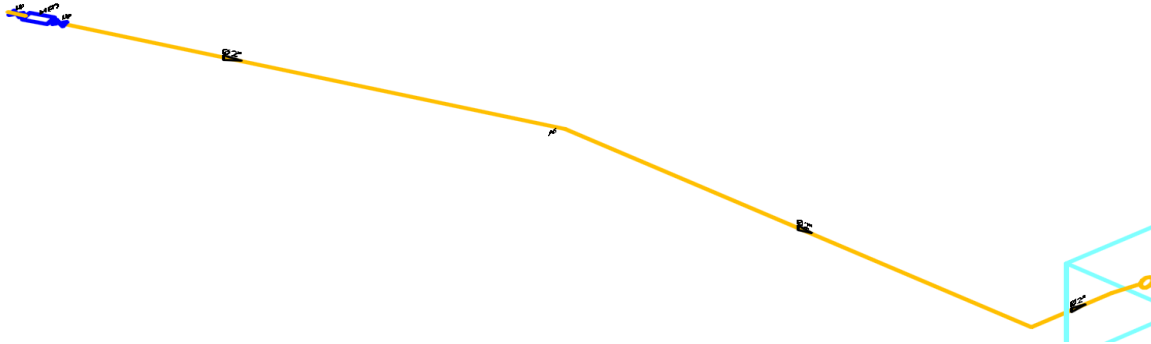


Figura N° Medidor y diámetro de la acometida
Fuente: Elaboración propia

3.3.4. CALCULO DE LA PRESION DE ENTRADA AL TANQUE CISTERNA

Figura N° Diseño hidráulico de la acometida al tanque cisterna



Fuente: Elaboración propia

a) Calculo de la longitud equivalente

Según la tabla N°13

N°	ACCESORIO	UNID	CANT.	PERDIDA	LONGITUD EQUIVALENTE
1	Codo de 90° Ø 2"	Pza.	1.00	3,40	3,40
2	Codo de 45° Ø 2"	Pza.	1.00	1,50	1,50
3	Llave de paso Ø 2"	Pza.	2.00	0,80	1,60
4	válvula de flotador Ø 2"	Pza.	1.00	8,20	8,20
5	Longitud neta de tubería 2"	m	1.00	23,11	23,11
				LONG. TOTAL	37,81

Tabla N° 15 Longitud equivalente del diseño hidráulico acometida-tanque cisterna

Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento sanitario, 2011.

De la ecuación N°5

$$h_f = J * L_e$$

$$h_f = 0.036 * 37.81$$

$$h_f = 1.36 \text{ (m)}$$

b) Cálculo de la presión de entrada a la cisterna

DESCRIPCION	PERDIDA (mca)	PRESION DISPONIBLE EPSAS (mca)	PRESION RESIDUAL (mca)
Perdida de carga por fricción	1,36	20.00	16,64
Perdida de carga medidor de Ø 2"	2.00		
Altura geométrica tanque cisterna	0.00		
TOTAL	3,36		

Tabla N°16 Presión de entrada al tanque cisterna

Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento sanitario, 2011.

16.64 mca. >2.00 mca.

Por lo tanto, la presión de entrada al tanque cisterna es suficiente.

3.3.5. CALCULO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Mediante la planilla de ramales se calculará los diámetros, velocidades y pérdidas de carga al artefacto más desfavorable.

Para el cálculo hidráulico del sistema de distribución se toman en cuenta

1. Unidades de gasto
2. El caudal
3. Los diámetros
4. Velocidades
5. Perdidas de carga unitaria
6. Presiones

Los cuales se determinan en función a las ecuaciones citadas anteriormente (caudal, diámetro, velocidad, pérdida unitaria y pérdida total), a continuación, se cita la planilla de ramales para determinar la presión en el artefacto más desfavorable, para luego determinar si el equipo hidroneumático y el sistema de bombeo son capaces de satisfacer la presión necesaria en cada punto de consumo.

RED DE AGUA FRIA

CALCULO DE DIAMETROS, VELOCIDADES, PERDIDAS DE CARGA Y PRESIONES DE SERVICIO

BLOQUE			ARTEFACTOS									Nº Unidades de Gasto			G. (l/S)	D (PULG)	D adopt	VEL.	LONGITUD			PERDIDA DE CARGA		DES. (m)	PRESION RESIDUAL . (m)	NUDO
			No									PAR	TOT	ACU M					NETA	EQUIV	TOT	UNIT	TOT			
			D	L	I	Lv	Lp	U	B	LE																
Nivel	De	A																								
N+38.22-1	1N1	1N3	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00	0.11	0.46	1/2"	0.84	2.95	6.40	9.35	0.0846	0.79	0.00	5.51	1N1	
	1N2	1N3	0	0	2.5	0	0	0	4	0	6.50	6.50	6.50	0.23	0.67	3/4"	0.79	0.83	2.10	2.93	0.0479	0.14	0.00	6.16	1N2	
	1N3	1N5	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	8.50	0.27	0.73	3/4"	0.94	3.00	3.50	6.50	0.0659	0.43	0.00	6.30	1N3	
	1N4	1N5	0	0	2.5	2	0	0	0	4	8.50	8.50	8.50	0.27	0.73	3/4"	0.94	3.95	4.90	8.85	0.0659	0.58	0.00	6.14	1N4	
	1N5	1N7	2	0	2.5	0	0	0	0	0	4.50	4.50	21.50	0.53	1.03	1"	1.04	1.50	5.10	6.60	0.0569	0.38	0.00	6.72	1N5	
	1N6	1N7	0	1	2.5	0	0	0	0	0	3.50	3.5	3.5	0.16	0.57	1/2"	1.27	1.10	1.50	2.60	0.1843	0.48	0.00	6.62	1N6	
	1N7	1N9	0	0	0	0	3	0	0	0	3.00	3.00	28.00	0.65	1.14	1"	1.28	7.47	3.30	10.77	0.0829	0.89	0.00	7.10	1N7	
	1N8	1N9	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00	0.11	0.46	1/2"	0.84	8.90	1.50	10.40	0.0846	0.88	0.00	7.11	1N8	
	1N9	1M14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	29.00	0.67	1.16	1"	1.32	1.50	11.50	13.00	0.0872	1.13	0.00	7.99	1N9	
N+38.22-2	2N1	2N2	2	1	2.5	0	0	0	0	0	5.50	5.50	5.50	0.20	0.64	1/2"	1.62	2.67	3.00	5.67	0.2869	1.63	1.80	2.00	2N1	
	2N2	2N3	0	1	2.5	0	0	0	4	0	7.50	7.50	13.00	0.36	0.85	3/4"	1.27	3.37	6.30	9.67	0.1144	1.11	0.00	5.43	1N2	
	2N3	2N5	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	14.00	0.38	0.88	3/4"	1.34	2.60	2.10	4.70	0.1265	0.59	0.00	6.53	1N3	
	2N4	2N5	0	0	2.5	2	0	0	0	4	8.50	8.50	8.50	0.27	0.73	3/4"	0.75	0.94	4.06	5.60	9.66	0.0659	0.64	0.64	6.49	1N4
	2N5	2N7	2	0	2.5	0	3	0	0	0	7.50	7.50	30.00	0.68	1.17	1"	1	1.35	7.42	8.40	15.82	0.0915	1.45	0.99	7.13	1N5
	2N6	2N7	0	1	0	0	0	0	0	0	1.00	1.00	1.00	0.11	0.46	1/2"	0.5	0.84	10.66	1.00	11.66	0.0846	0.99	0.99	7.59	2N6
	2N7	1M14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	31.00	0.70	1.19	1"	1	1.39	0.75	5.00	5.75	0.0959	0.55	0.55	8.58	2N7
Ramal	1M14	14M1D	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	60.00	1.14	1.51	1 1/2"	1.5	1.00	4.50	2.60	7.10	0.0324	0.23	0.23	9.13	1M14

3.3.6. CALCULO DEL SISTEMA DE BOMBEO E HIDROCELE

a) CALCULO DEL CAUDAL DE BOMBEO

N. ° De horas de bombeo: 6 Horas (3 periodos de dos horas).

De la ecuación N° 6

$$QB = \frac{D}{6h} = \frac{31278.72 \text{ L}}{6h}$$
$$QB = 5213.12 \text{ (L/h)}$$
$$QB = 1.45 \text{ (L/s)}$$

b) CALCULO DE LA TUBERIA DE SUCCION

De la ecuación N° 2

$$Ds = 1.4166\sqrt{QB}$$
$$Ds = 1.4166\sqrt{1.45}$$
$$Ds = 1.70 \text{ (Pulg.)}$$

$$Ds \text{ Adoptado} = 2.00 \text{ (Pulg.)}$$

De la ecuación N° 3

$$Vs = \frac{6.20 * QB}{3.1416 * D^2}$$
$$vs = \frac{6.20 * 1.45}{3.1416 * 2^2}$$

$$Vs = 0.71 \text{ (m/s)}$$

c) CALCULO DE LA TUBERIA IMPULSION

El diámetro de la tubería de impulsión debe ser igual o superior al diámetro de la tubería de succión $Di \geq Ds$

$$Di = 2 \frac{1}{2} \text{ (Pulg)}$$

Velocidad Mínima: 0.50 a 1.00 m/s

3.3.7. DIMENSIONAMIENTO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA

a) cálculo de las pérdidas de carga en la tubería de succión.

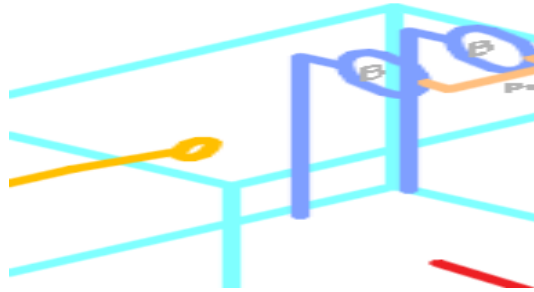


Figura N° Diseño hidráulico de la tubería de succión
Fuente: Elaboración propia

ACCESORIO	UNID	CANT.	PERDIDA	LONGITUD EQUIVALENTE
Válvula de pie con coladera 2"	Pza.	1.00	23.70	23.70
Codo de 90° Ø 2"	Pza.	1.00	3.40	3.40
válvula compuerta Ø 2"	Pza.	1.00	0.80	0.80
Longitud neta de tubería 2"	m	1.00	3.00	3.00
			LONG. TOTAL	30,9

Tabla N°18 Perdida de carga en la tubería de succión
Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento sanitario, 2011.

De la ecuación N°5

$$h f = J * L e$$

$$h f = 0.021 * 30.90$$

$$h f = 0.65 \text{ (m)}$$

b) Determinación de la pérdida de carga en la tubería de impulsión

ACCESORIO	UNID	CANT.	PERDIDA	LONGITUD EQUIVALENTE
válvula check Ø 2 ½ "	Pza.	1.00	6.30	6.30
válvula compuerta Ø 2 ½ "	Pza.	1.00	0.90	0.90
Codo de 90° Ø 2 ½ "	Pza.	14.00	1.30	18,20
Longitud neta de tubería 2 ½"	m	1.00	60.54	60,54
			LONG. TOTAL	85,94

Tabla N°19 Perdida de carga en la tubería de succión
Fuente: Elaboración propia, basado en el reglamento sanitario, 2011.

De la ecuación N° 5

$$H f = J * L e$$

$$H f = 0.088 * 85.94$$

$$H f = 7.56 \text{ (m)}$$

$$H_{f \text{ total}} = h_{f \text{ succion}} + h_{f \text{ impulsion}}$$

$$H_{f \text{ total}} = 0.65 + 7.56$$

$$H_{f \text{ total}} = 8.21 \text{ m}$$

C) Cálculo de la altura dinámica

De la ecuación N.º 13

$$H_m = h_g + h_s + h_{\text{total}} + h_p + h_M$$

$$H_m = 1.80 + 3.00 + 12.80 + 2.00 + 1.00$$

$$H_m = 20.60 \text{ m. c. a.}$$

$$H_m = 2.06 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

$$H_m = 29.30 \text{ (PSI)}$$

Según la tabla N.º7 Se adopta el siguiente rango de presión

Presión de conexión 30.00 PSI
Presión de desconexión 50.00 PSI

Según la tabla N.º 8 MYERS

TANK PRES AT 30.00 PSI
SHUT-OFF PSI (21.00 m)
(Parada)

0.29

TANK PRESSURE AT 50.00 PSI
START UP PSI (35.00 m) > 29.30 m
(Arranque)

a) Cálculo de la capacidad del hidrocele

De la ecuación N.º15

$$v = \frac{\text{pump GMP} * \text{minrun time}}{\text{Drawdown multiplier}}$$

$$v = \frac{22.82 * 1.00}{0.29}$$

$$v = 78.69 \text{ galones}$$

Según la tabla N°9 Se adquirirá el modelo MPD 36, que tiene una capacidad de 82.00 Galones o 310.40 litros.

b) Calculo de la potencia de la bomba

De la ecuación N° 11
$$PB = \frac{Q * H_b}{50.00}$$

$$PB == \frac{1.45 * 73.75}{50}$$

$$PB = 2.14 \text{ HP}$$

c) Potencia instalada

Según la tabla N° 6 la potencia instalada es:

$$PB (i) = 30\% * PB + PB$$

$$PB (i) = 30\% * 2.14 + 2.14$$

$$PB = 2.78 \text{ HP}$$

CARACTERISTICAS DE LA BOMBA

Líquido a bombear	Agua
Caudal de bombeo	1.45(l/s)
Altura manométrica	73.75 m
Voltaje	220.00 v
Ciclaje	50.00 ciclos
Potencia aproximada	3.00 HP

Tabla N°20 Características de bombeo
Fuente: Elaboración propia

3.3.8. CALCULO DE LA PRESION EN EL ARTEFACTO MÁS DESFAVORABLE

$$P(\text{min}) = h_e + h_t + P_s + H_m$$

$$P(\text{min}) = 1.80 + 12.80 + 2.00 + 1.00$$

$$P(\text{min}) = 17.60 \text{ m}$$

$$30.00 \text{ m. c. a.} > 17.60 \text{ m. c. a.}$$

Por lo tanto se puede hacer la conexión.

CAPÍTULO 4

4.1. CONCLUSIONES

Luego de realizar la revisión del sistema de abastecimiento de agua potable del edificio Hakawi, es decir el cálculo y diseño, se llegó a la conclusión de que el cálculo y diseño hidráulicos de los edificios deben ser revisados previamente, para que no se presenten dificultades en el proceso de instalación y funcionamiento del sistema de agua potable. En este sistema de agua potable se presentan errores desde el cálculo del consumo diario de agua o requerimiento de agua potable, donde anteriormente el requerimiento calculado fue **20.93 m³** (*Ver anexo tanque cisterna anterior*) y tomando en cuenta el recalcu son **31.28 m³**, dicha diferencia provoca cambios en varios elementos del sistema, en la siguiente tabla se denotan los principales diferencias en los componentes del sistema de agua potable.

Descripción	Calculo anterior	Calculo Corregido
Volumen del tanque cisterna	20.93 (m ³)	31.28 (m ³)
Potencia de la bomba	7.00 (Hp)	3.00 (Hp)
Hidroceles	TIPO MPD MYERS 86	TIPO MPD 36

Tabla N°20 principales cambios en los componentes del sistema de agua potable
Fuente: Elaboración propia

Entonces tomando en cuenta los resultados obtenidos, se realizaran los cambios necesarios en los elementos del sistema de agua potable, para que el sistema a implementar brinde un buen servicio en todo el edificio, es decir evitar cortes de agua, falta de presión en el artefacto más desfavorable, evitar ruidos en tuberías por efectos de mala elección de diámetros y que las bombas y tanques hidroneumáticos sean ideales y adecuadas para el sistema elegido. Todos estos aspectos garantizan la calidad, cantidad y continuidad de agua potable en todo el edificio.

Se debe tomar en cuenta que estos cambios en los componentes del sistema de agua potable, pueden generar cambios en el costo de la instalación sanitaria.

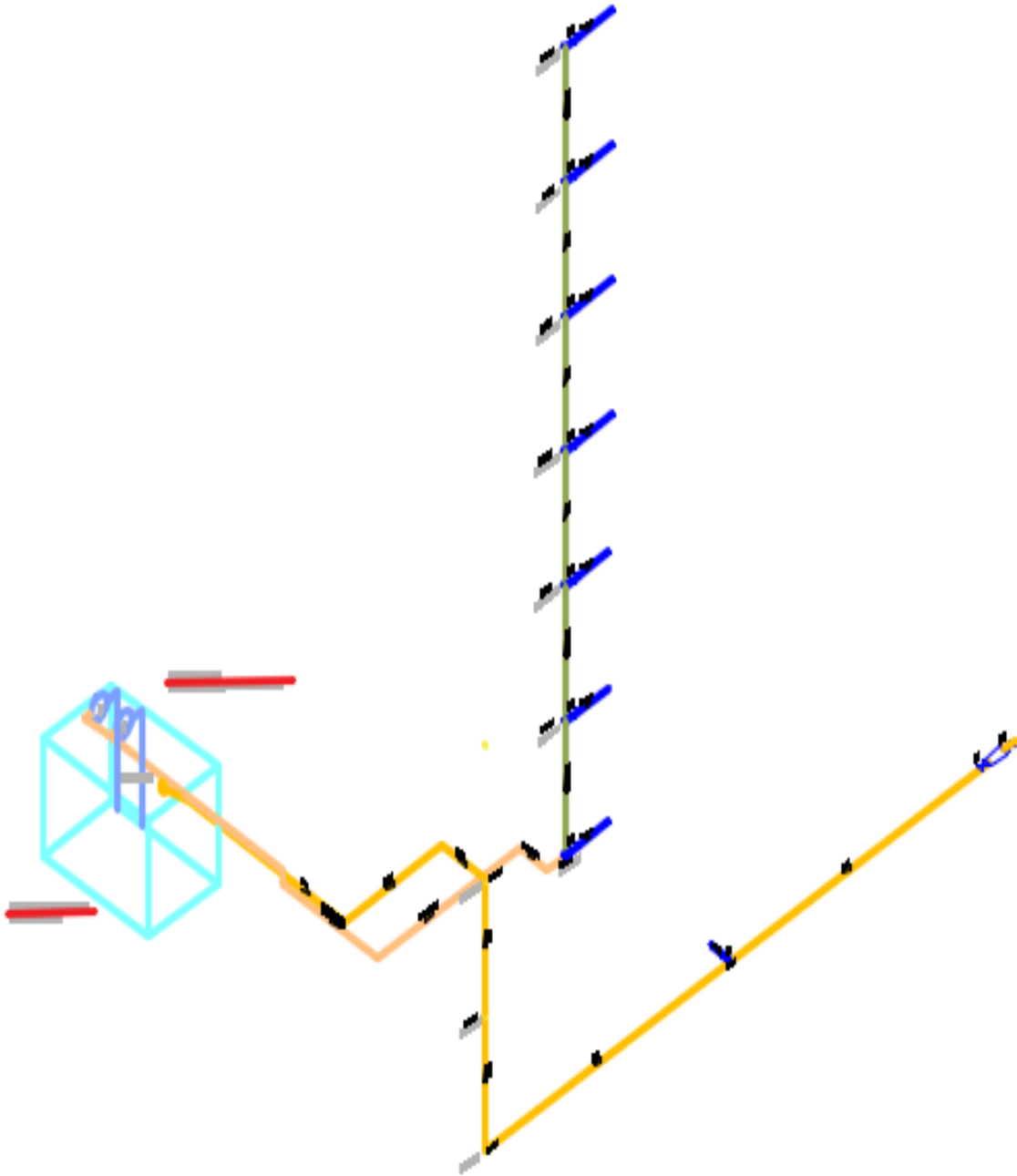
4.2. BIBLIOGRAFÍA

1. Guillermo Quispe miranda. (2011). *Instalaciones sanitarias en edificios teoria y diseño*. Oruro: Latinas.
2. Norma Boliviana 689. (2004). *instalaciones de agua-diseño para sistemas de agua potable*.
3. Guillermo Q.M., 2011. *Instalaciones sanitarias en edificios*, Bolivia, Oruro
4. Servicios múltiples de tecnología apropiadas SEMTA-BOLIVIA.

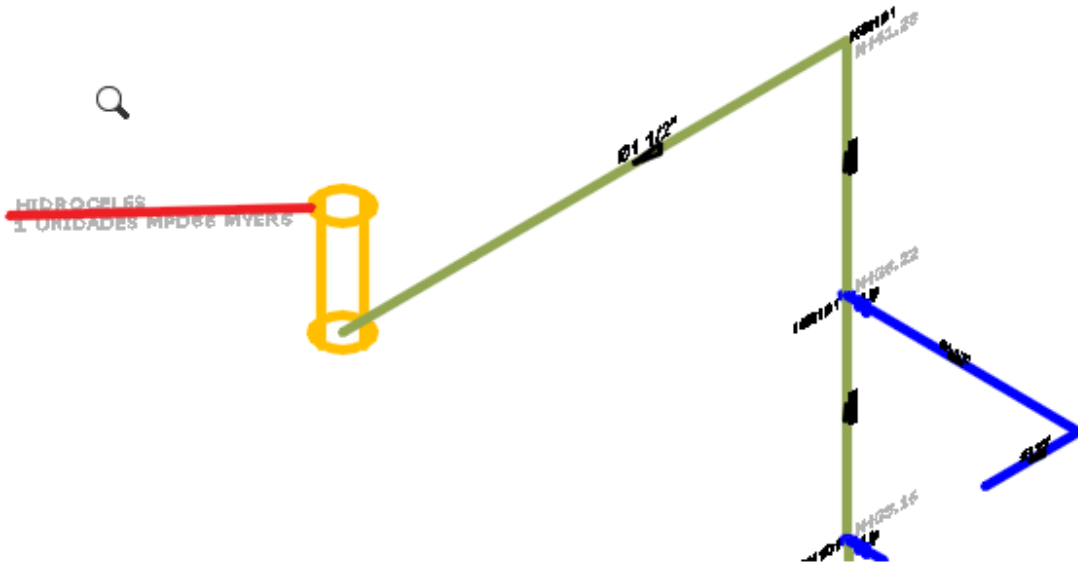
4.3. WEBGRAFIA

1. <http://helid.digicollection.org/>
2. <https://www.facebook.com/EpsasBo/photos>
3. <http://inemconstrucciones.blogspot.com/2013/11/instalaciones-sanitarias.html>.
4. <https://slideplayer.es/slide/3186521/11/images/15/Elementos+importantes.jpg>
5. <https://docplayer.es/docs-images/97/132373844/images/37-0.jpg>
6. <http://admin.electrotec.pe/elements/images/image-article-be.png>
7. <http://1.bp.blogspot.com/-MxxSb3Giipk4.jpg>
8. <https://sswm.info/sites/default/files/iimages.png>
9. <https://sswm.info/sites/default/files/iimages.png>
10. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>
11. <https://encrypted-tbn0.gstatic.com>

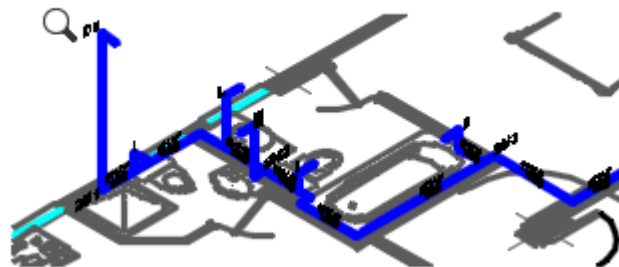
ANEXOS



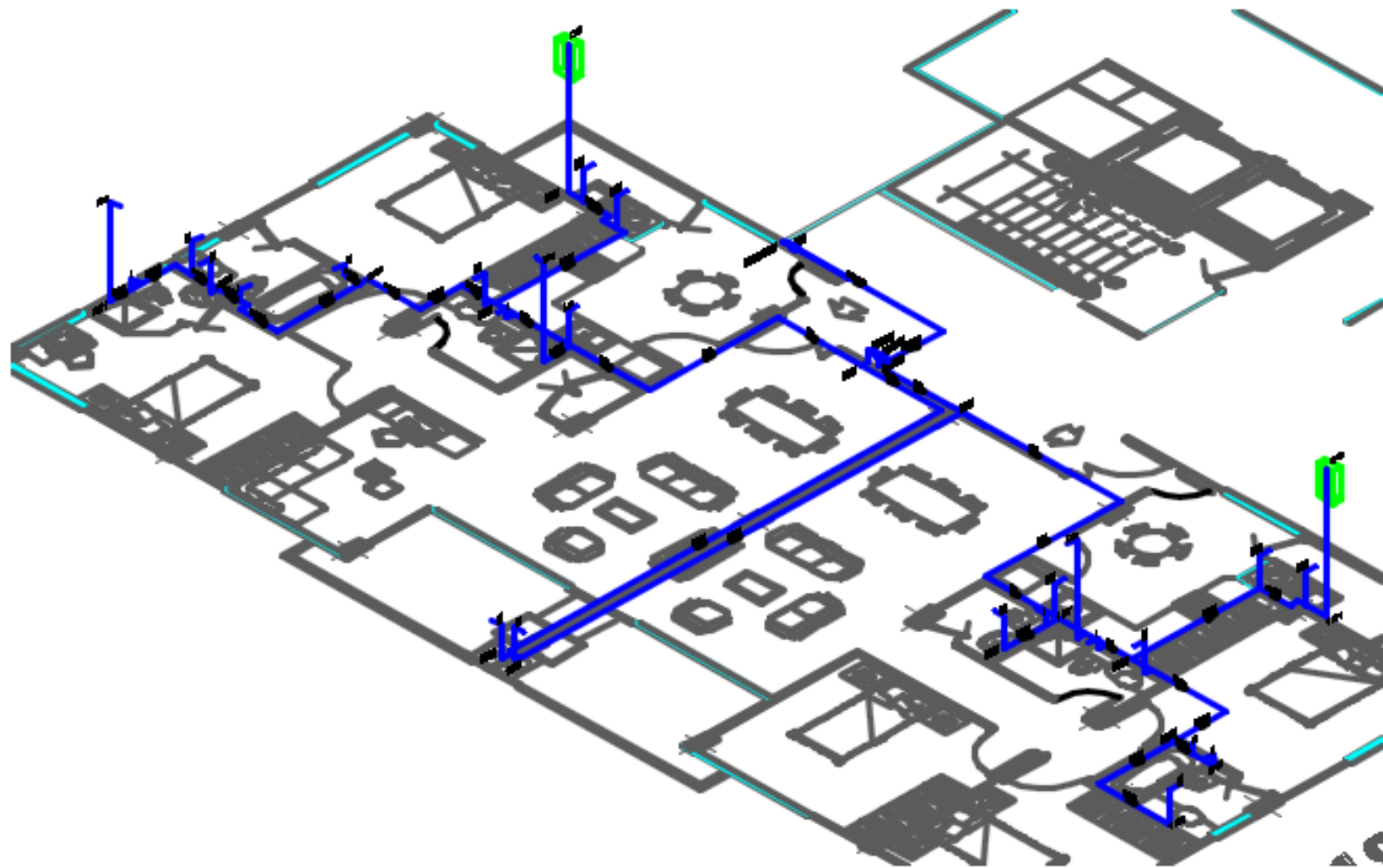
Sistema de agua potable del medidor al último artefacto



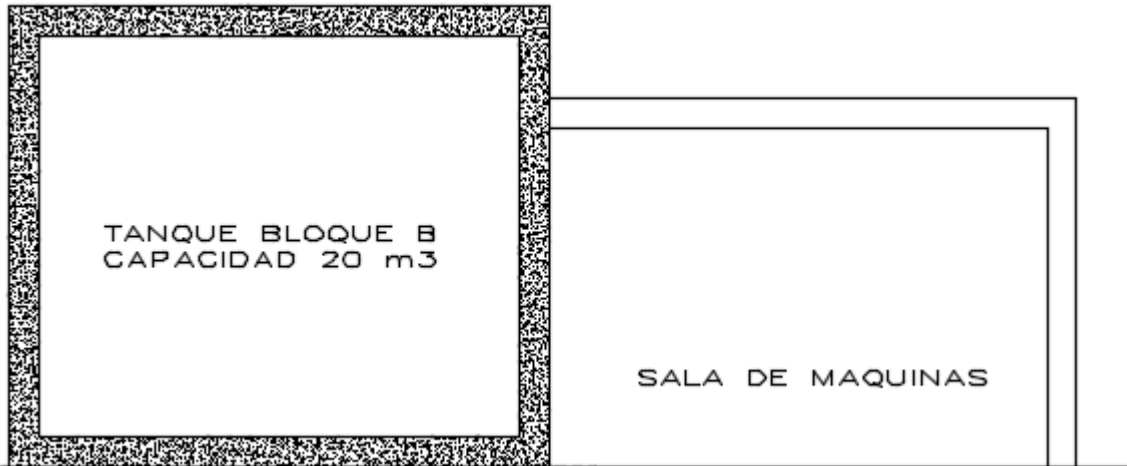
Sistema de distribución de agua potable más equipos hidroneumáticos



Descripción del artefacto más desfavorable



Ramales de agua potable del piso +38.22



Capacidad del tanque elevado antes de la evaluación del cálculo y diseño del sistema de agua potable